

LCD 백라이트용 면방전형 FFL의 방전 특성

임민수, 윤성현, 신유섭, 정득영, 권순석, 임기조
충북대학교 전기공학과

Discharge Characteristics of Surface Discharge Type FFL for LCD Backlighting

M.S.Lim, S.H.Yun, Y.S.Shin, D.Y.Jung, S.S.Kwon, K.J.Lim
Department of Electrical Eng., Chungbuk Nat'l University

Abstract - In this paper, we studied Surface Discharge Type Flat Fluorescent Lamp with High Luminance for LCD Backlighting, Liquid Crystal display(LCDs) demand the use of fluorescent lamp as the backlighting source. This lamp is Surface Discharge Type structure with a pair of Sodallime glass, insulator layer, phosphor layer, and Xe gas gap. In spite of its simple structure, the lamp has uniform and stable discharge over entire volume. Till now, we measured the current-voltage(V-I), Firing Voltage, Sustain Voltage for 0.5mm, 1mm electrode gap. In experiment result, long gap cell structure cause high firing voltage. The rising in firing voltage in long gap structure could not be explained by paschen's law because of non-uniform electric field

1. 서 론

최근, 정보통신 시대에 있어서 인간과 컴퓨터와의 인터페이스의 역할이 중요하게 되었고 이러한 정보전달의 역할을 담당하는 정보디스플레이소자는 매우 중요한 역할을 담당하게 되었다. 이러한 디스플레이 소자는 최근 빠른 성장과 함께 많은 연구가 진행되고 있고, 이러한 디스플레이의 종류로는 CRT, LCD, ELD, VFD, PDP, FED등이 있다[1]. 이중 가장 각광을 받는 것이 LCD(Liquid Crystal Display)로 노트북이나 자동차의 항법 장치, OA 기기등에 널리 이용되고 있다. LCD의 후면광원으로서는 현재 많이 쓰이고 있는 것이 CCFL이고 panel의 양쪽에 부착되어 있다. 비록 이 램프가 얇고, 저 중량, 낮은 가격이지만, 램프의 수가 제한되기 때문에 휘도는 상대적으로 낮을 수밖에 없다. 따라서, 대형화 및 고휘도화가 가능한 FFL의 평판 형광 램프의 연구가 LCD 후면 광원에 적용하기 위한 목적으로 활발히 진행되고 있다[2]. T. Shiga, K. Igarashi 등의 연구 결과에서, 면방전형 형태로서 2차 전자 수를 증가시키고 전극 보호 및 램프 수명 개선을 이를 목적으로 MgO층을 배치하여 700 V_{rms}의 낮은 방전 전압에서 고휘도화를 실현하였다. 그러나, 위에서 기술한 FFL에 관련된 연구 결과는 고휘도(10,000 cd/m²), 균일도 90%를 갖는 우수한 면발광체를 실현하였지만 자외선광 방사원으로 내환경성을 고려하지 않은 Hg이 혼합된 가스를 사용하여 평판형 광원을 실현하였다는 단점을 가지고 있다. 또한 FFL이 안고 있는 문제점은 대형화와 고정세 패널에 응용할 수 있는 공정 기술의 개발과 더불어 휘도 및 수명의 향상이다[3]. 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 가스 방전의 최적화와 효율적인 방전 메카니즘 채용등의 기본적인 방전 형상에 대한 접근부터, 전극재료 및 형광체 등의 재료 개발 연구, 최적의 전극 구조 설계 및 구동회로 기술에 이르기까지 다양한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 새로이 제안된 면방전형의 전극 구조를 가진 FFL이 방전 특성에 미치는 영

향을 고찰하기 위하여 배면 기판상에 서로 직교하는 하부 전극과 상부 전극을 배치하여 동일 기판상에 방전을 형성하는 면방전형 FFL을 제작하고, 이 제작된 패널의 전극 구조와 갭 간격에 따른 방전 특성에 대해서 연구하였으며 전극형태에 따른 전계 분포 해석을 하였다.

2. 본 론

2.1 실험 방법 및 측정

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 구동 전압과 수명을 고려하여 면방전형을 채택했다.

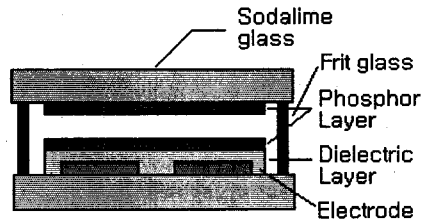


Fig. 1 The crosssection of surface Discharge type FFL

그림 1은 본 실험에 제작된 면방전형 FFL의 단면도이다. 전극은 듀퐁사의 Ag paste를 사용하여 스크린 방법으로 형성한 후 소성하였으며, 전극 폭은 1mm, 전극 갭은 1mm와 0.5mm를 각각 채택하여 실험하였다. Front glass와 Real glass에는 soda lime glass를 사용하였고 절연층으로는 유전율이 높은 BaTiO₃와 셀로로이즈 바인더를 2:1의 비율로 혼합하여 50 μ m의 두께로 만들 후 소성하였다. 형광층은 전면 유리와 후면 유리에 각각 인쇄하였으며 램프의 효율에 큰 영향을 미치게 되므로 수 회 인쇄하여 30 μ m의 두께로 Green Phosphor를 도포하였다. 또한 Front glass와 Rear glass를 접합하기 위하여 Frit glass를 사용하였다. 갭 사이에는 진공자외선 방사 효율이 좋은 147nm의 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, 완성된 시료의 방전 특성을 조사하기 위하여 패널 내부의 초기 진공도를 10⁻³Torr로 유지하고 Xe gas를 유입 할 수 있는 진공장치를 이용하였다. 특성 실험은 방전 개시 전압, 방전 유지 전압, 방전 전류 등의 전기적 특성을 측정하기 위하여 디지털 오실로스

코프, 전류계를 이용하였으며, 교류 전압을 인가하여 구동된 FFL의 휘도는 휘도 색채계(Yokogawa 520₀₂)를 이용하여 측정였다.

2.2 측정 결과 및 고찰

그림 2는 본 실험에 사용된 면방전형 FFL의 전계 분포를 해석한 그림이다. FFL은 전계를 가하면 유전체 표면에서 방전현상이 일어나고 방전에 의한 진공자의선이 형광체를 여기함으로써 가시광이 일어나게 된다. 그림 1에서 보여지는것과 같이 전극의 edge부근이 최대전계강도를 보이고 있고 이 영역에서 방전이 시작되게 된다. 이러한 전계의 불평등은 긴 갭 전극에서 파선의 법칙이 성립되지 않는 원인으로 생각할 수 있다[4].

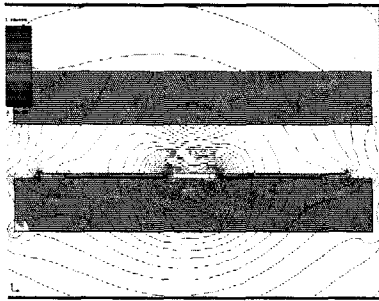


Fig. 2 Distribution of Electric field for 0.5mm gap length

그림 3.4는 각각 30kHz의 주파수에서 전극갭을 0.5mm와 1mm로 하였을때의 방전 개시 전압과 방전 유지 전압을 보이고 있다. 방전 개시전압은 Paschen의 곡선으로 설명될 수 있는데 이는 압력(p)와 전극간 거리(d)의 곱 (Pd)에 대하여 방전 개시 전압을 표현한 곡선으로서 모든 가스에 대하여 최소 방전 전압을 갖게 되는 Pd의 값이 존재하게 된다.

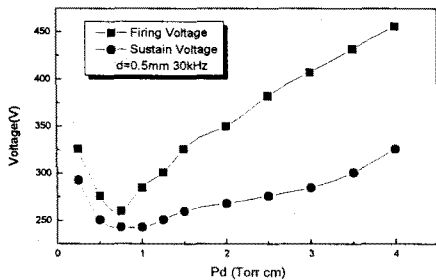


Fig. 3 Firing and sustain voltage VS. pd value using Xe gas for 0.5mm gap

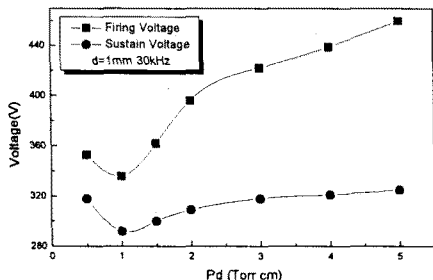


Fig. 4 Firing and sustain voltage VS. pd value using Xe gas for 1mm gap

그림 3에서 알 수 있듯이 파선의 최소점(paschen minimum)이 0.5mm에서 260V와 1mm에서 336V로 갭간격이 적은 전극 구조에서 낮은 방전 개시 전압을 보였다. 또한 두 갭에서 동일하게 Pd의 증가와 함께 방전 개시전압이 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. 0.5mm와 1mm의 전극갭을 비교하면 0.5mm의 방전갭보다 1mm의 방전갭이 방전유지전압의 차가 큰 것으로 보이고 있다. 파선의 최소점에서 0.5mm에서의 방전유지전압은 방전 개시 전압보다 17V 적어졌지만 1mm에서는 60V의 큰 유지 전압을 보였다.

그림 5는 주파수에 따른 방전 개시 전압을 보이고 있다. 그림 5에서 방전 개시 전압의 주파수 효과는 공간 전하의 효과 측면에서 기술할 수 있다. 방전 갭에 교류 전압이 인가되면 방전 갭내에 존재하는 하전입자는 전극을 향해 가속되고, 가속된 하전입자는 기체 분자와 충돌하여 충돌 전리를 일으켜 전자와 정이온을 발생시킨다. 이때 발생된 전자는 전극을 향해 이동한다. 30kHz의 주파수를 살펴보면 처음 반주기 동안에 전자는 빠른 이동도 때문에 양극 쪽으로 빠르게 이동하나, 비교적 이동도가 느린 정이온은 음극을 향해 비교적 느리게 이동한다.

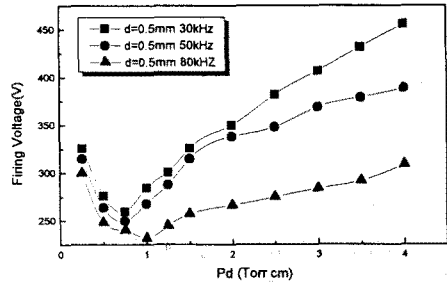


Fig. 5 Firing Voltage vs. pd value for each frequency

다음의 30 kHz 반주기가 시작되면 전자와 정이온의 이동 경로가 바뀌어 전극을 향해 이동한다. 이때 전자는 전극을 향해 이동하지만 정이온은 공간 전하를 형성하게 되고, 이들 공간 전하는 방전 갭내에서 내부 전계를 형성하게 된다. 이들 내부 전계는 외부 전계를 강화시키는 역할을 하게 된다. 따라서, 30 kHz 보다 높은 주파수가 되면 방전 갭내에 형성되는 공간 전하는 증가하게 되어 내부 전계 세기를 증가시키게 되므로, 주파수가 높아지면 방전 개시 전압은 낮아지게 된다.

0.5mm의 갭에서 30, 50, 80kHz의 주파수에서 파 최소점은 각각 260V, 248V, 230V로 주파수가 증가함에 따라 방전 개시 전압이 감소하는 것을 보이고 있다. 또한 파선의 최소점이 0.75에 1로 옮겨감을 알 수 있다 1mm의 갭에서도 큰 차이는 없었지만 주파수가 증가함에 따라 파선의 최소점이 옮겨졌다. 또한 1mm의 갭에서 각 주파수에 따라 방전개시전압이 낮아지는 폭이 0.5mm의 갭에서보다 차이가 있다.

그림6은 주파수에 따른 방전 유지 전압을 보이고 있다. 방전 유지 전압은 주파수가 증가하면 감소하고 방전 개시 전압과의 차이가 점점 증가한다.

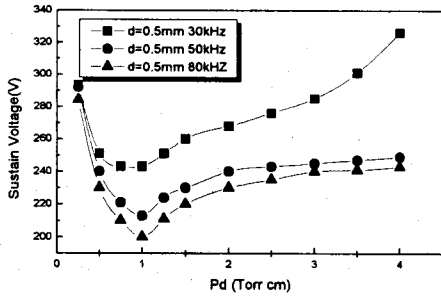


Fig. 6 Sustain Voltage vs. pd value for each frequency

앞선 설명과 마찬가지로 기체 방전시에 형성되는 전자와 이온들의 하전 입자들이 전극을 덮고 있는 유전체 상에 벽전하를 형성하기 때문이다. 이것을 기억 특성이라고 할 수 있는데, 이전 상태에서 방전이 형성되지 않았던 경우에는 벽전하는 존재하지 않으며, 이전 상태에서 벽전하가 형성되었던 경우에는 유전체에 벽전하가 쌓이게 된다. 이러한 벽전하에 의하여 벽전위가 형성하게 되고 이러한 벽전위는 외부전극에 인가되는 전위와 합쳐져서 낮은 전압에서 방전이 형성하게 된다. 또한 0.5mm의 갭에서 보다 1mm의 갭에서 Pd의 증가에 따라 더 적은 기율기로 유지전압이 유지되는 것을 알 수 있다.

그림7에서 보이는 그림은 전극갭이 0.5mm와 1mm인 경우를 같이 plot한 그림이다. Pd가 1일 때 30kHz의 주파수에서 두갭의 방전개시는 각각 260V와 336V로 같은 Pd일 때 다른 방전 개시 전압을 볼 수 있다. 이상과 같은 실험적 결과로 긴 갭에서의 전극형태에서는 파선의 법칙이 성립하지 않는 것을 볼 수 있고 이러한 결과는 그림. 2의 실험 결과인 edge 부근의 전계의 불균형으로 인한 결과로 사료된다. 이러한 결과는 50kHz와 80kHz에서도 같은 현상을 보였다.

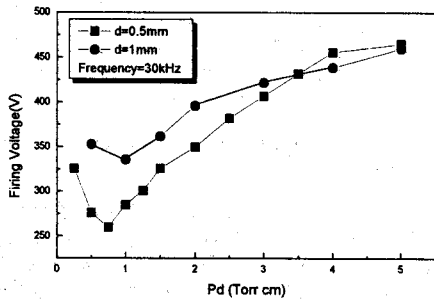


Fig. 7 Pd vs. Firing voltage at 0.5mm gap and 1mm

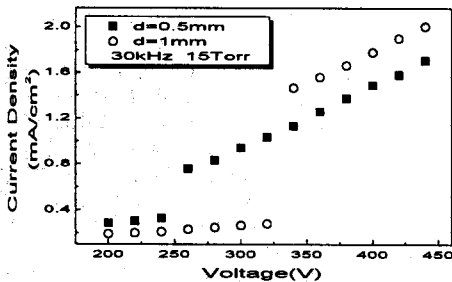


Fig. 8 Current Density vs. Voltage for Frequency 30kHz, Pressure 15Torr

그림 8은 30kHz, 15Torr의 압력에서 전압에 따른 전류 밀도를 보이고 있다. 0.5mm의 방전갭을 가진 구조가 1mm의 방전 갭보다 방전 개시전에는 더 높은 전류가 흐르다가 방전이 개시됨과 동시에 같은 전압에서 더 낮은 전류가 흐르는 것을 볼 수 있다. 두 갭 모두 방전이 개시되면 전류는 급격히 증가하고 이 전압 이상에서는 전류가 선형적인 증가를 보임을 알 수 있다.

그림 9은 30kHz, 420V의 전압에서 압력에 따른 전류 밀도를 보이고 있다. 이때의 전압은 두 갭사이가 모두 방전을 개시한 후의 전압이며 0.5mm의 갭이 동일 전압을 인가했을 때 더 낮은 전류가 흘렀다. 실험적인 결과에서 0.5mm의 전극갭에서 전류의 기울기는 완만한 모습을 보였고 1mm의 전극갭에서는 특정 압력에서 전압 이상에서 가파른 기울기를 보였다.

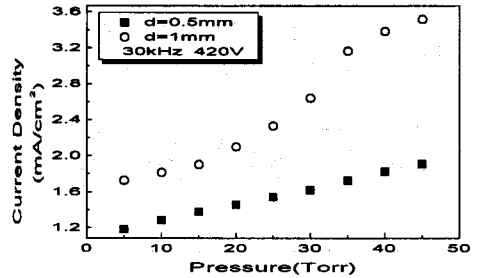


Fig. 9 Current Density vs. Pd for Frequency 30kHz, Voltage 420V

4. 결론

본 연구는 새롭게 설계된 전극구조를 가진 FFL을 제작하고, 방전 특성에 대해 고찰하였다. 최적의 전극 구조를 구현할 수 있는 기술적 바탕을 기초로 후막 인쇄 공정을 사용하여 면방전형 FFL을 제작하고, 설계된 면방전형 전극구조의 전계 분포를 해석했다. 이 구조의 전극에서 전계 분포는 양전극의 edge부근에서 전계가 집중되었다. 이러한 전계 분포 때문에 Pd가 같으면 방전 개시 전압이 같다는 파선의 법칙이 서로 다른 갭에서 적은 갭전극이 큰 갭전극보다 낮은 방전 개시 전압을 측정함으로써 성립하지 않는 것을 실험적으로 고찰하였다. 또한, 서로 다른 갭간격에서 적은 갭을 가진 전극 구조가 낮은 방전 개시 전압과 낮은 방전 유지 전압을 보였다. 주파수가 증가함에 따라 방전 개시 전압과 방전 유지 전압이 감소하는 것을 실험적으로 관찰할 수 있었다. 이와 같은 현상은 공간전하 효과와 벽전하에 의한 것으로 고려된다.

참고 문헌

- [1] Munisamy Anandam and Douglas Ketchum, IEEE Trans. Electron Device, pp. 1327-1330, vol. 39, 1992.
- [2] H.G.Park, SID 98 Digest. pp. 624-627. 1998
- [3] J.P.Boeuf, C.Punset and A.Hirech, Junal de Physique III Proc. XXIIIrd ICFIG, pp. 1-12, 1998
- [4] Makino, Yoshioka, Saito, IEICE, Trans. Electron Device, pp. 1086-1090 Vol F80. 1998
- [5] 大野勝利 外, "螢光體 핸드ブック", 日本 螢光體學會, 1985