

외부전극 형광램프 백라이트의 구형파 구동

김영미 · 권남옥 · 김성중 · 조광섭† · 김봉수* · 천장호* · 강준길* · 이응원** · 양순철**

광운대학교 전자물리학과, *전자공학과 서울시 노원구 월계동 447-1 (139-701)

**목포대학교, 물리학과, 전남 무안군 청계면 (534-729)

(논문접수일 : 2002년 7월 23일)

External Electrode Fluorescent Lamp Backlight Driven by Square Pulses

Young M. Kim, Nam O. Kyun, Sung J. Kim, Guangsup Cho†, Bong S. Kim*, Jang H. Chun*,
June G. Kang*, Ung Won Lee**, and Soon Chul Yang**

*Department of Electrophysics, *Department of Electronic Engineering, Kwangwoon University,
447-1 Wollgye-Dong, Nowon-Gu, Seoul 139-701, Korea*

***Department of Physics, Mokpoo National University, Muan Guun, Chungye, Chonnam, 534-729.*

(Received July 23, 2002)

요 약

외부전극 형광램프 12개를 평면에 배치하여 제작한 대각길이 17인치 직하형 백라이트의 구형파 구동에 의한 휘도와 효율 특성을 조사하였다. 구동 전압 1-2 kV와 주파수 40-80 kHz에 대하여 백라이트 패널의 휘도가 5,000-10,000 cd/m² 일 때 효율 65-70 lm/W를 얻었다. 구동 주파수가 클수록, 고휘도를 얻고 구동 전압이 낮아진다. 구동 주파수가 80 kHz 이상의 주파수에서는 백라이트의 휘도가 불안정하고, 면전체 휘도의 균일성을 얻지 못한다.

주제어 : 외부전극 형광램프, 백라이트, 플라즈마 방전, 인버터

Abstract

Characteristic properties of backlight arraying external electrode fluorescent lamps has been investigated indriving with a square wave from switch inverters. In the backlight of 17 inch-diagonal with 12 lamps, the efficiency of 65-70 lm/W with the luminance of 5,000-10,000 cd/m² has been achieved in the frequency range 40-80 kHz where the higher frequency provides the lower operating voltage in the range 1.0-2.0 kV. In the frequency above 80 kHz, a stable and an uniform luminance in the backlight panel can not be achieved.

Key Words : external elctrode fluorescent lamp, backlight, plasma discharge, inverter

1. 서 론

노트북과 모니터용으로 사용되는 LCD 백라이트는 도광판 가장자리에 형광램프가 배치되어 있다. 이러한 가장자리 발광형 백라이트는 배치되는 램프 수의 제한으로 백라이트의 휘도에 제한이 있다. 따

라서 고 휘도가 요구되는 중형 이상의 모니터 및 TV용 LCD 백라이트는 다수의 형광램프를 반사판 위에 일정 간격으로 배치한 직하형 방식을 채용한다. 이러한 백라이트의 광원으로는 냉음극 형광램프(CCFL; cold cathode fluorescent lamp)가 사용되고 있다. CCFL은 형광램프 양끝의 방전 공간 내부에 실

린더형의 니켈 전극이 설치되고, 이러한 전극에 전원을 인가하면, 전극을 통하여 직접 전류가 흐른다. 이와같이 전극을 통하여 직류 전류가 흐르는 CCFL은 기본적으로 개별적으로 구동한다. 즉, 다수 개의 CCFL을 직하형으로 배치한 백라이트에서 CCFL을 병렬연결하여 하나의 전원 공급 장치인 인버터로 구동하여 균일한 휘도를 실현할 수 없으므로, 각각의 램프를 개별 구동하기 위한 램프 수만큼의 인버터가 필요하다.

최근에 외부전극 형광램프 (external electrode fluorescent lamps; EEFLs)가 LCD용 백라이트의 새로운 광원으로 소개되었다 [1-7]. 이러한 EEFL은 방전관 내부에 전극이 없으므로 CCFL보다 장수명의 관점에서 대두되었다. 일반적으로 EEFL은 수 MHz의 고주파 구동으로 고 휘도를 얻을 수 있으나 [1,2], 고주파 발생 전원장치의 소형화와 전자파 장애 (EMI; electro magnetic interference)의 문제들로 인하여 LCD 백라이트에 적용하는데 어려움이 있다. 그러나 최근에 EEFL을 고속의 스위칭 방식을 채용한 인버터에 의한 구형파 구동으로도 고 휘도를 실현 하였다 [3-7]. 특히, EEFL은 CCFL과 달리 다수 개의 EEFL을 병렬 연결하여 하나의 인버터로 구동하여 휘도의 균일성을 얻는다는 장점이 있다. 그러나 EEFL을 광원으로 하는 백라이트는 구동 전압이 CCFL에 비하여 높다. CCFL의 구동 전압은 약 600 V이지만, EEFL은 구동 전압이 약 1.2 kV이고, EEFL의 갯 수가 늘어난다면 구동 전압은 더 높아진다. 이러한 고 전압 구동은 램프의 손상이나 기생 용량에 의한 전기 에너지의 손실과 안전성 등의 문제를 유발 할 수 있다.

본 연구는 다수의 EEFL을 이용한 백라이트의 구동 주파수와 구동 전압에 따른 휘도와 효율을 조사한다.

2. 백라이트의 구조 및 구동

그림 1은 EEFL을 이용한 LCD 백라이트의 개략도이다. 난반사를 위한 백색의 반사판 위에 12개의 EEFL을 일정 간격으로 배치하고, 외부 전극을 병렬 연결한다. 그 위에 확산판을 씌운다. 병렬 연결된 12개의 EEFL에 풀브리지 방식의 스위칭 인버터를 통하여 전원을 공급한다.

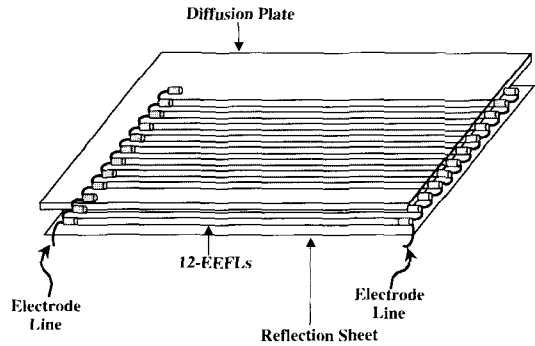


Fig. 1. Schematic drawings a backlight structure assembled with 12-external electrode fluorescent lamps.

EEFL은 두께가 0.3 mm인 보로실리케이트 유리관의 외경이 2.6 mm이고, 길이는 355 mm이다. 유리관 내벽은 RGB 삼파장용 형광체를 도포하고, 방전 기체로는 네온(97%)과 아르곤(3%)의 혼합 기체압력 80 Torr이다. 그리고 미량의 수은을 주입한다.

본 실험은 12개의 EEFL을 병렬 연결하여 제작한 대각 길이 17인치인 백라이트를 구형파를 출력하는 전압과 주파수가 가변되는 스위칭 인버터로 구동한다. 구동 파형의 피크 전압 $+V_p$ 는 2 kV 이하에서 가변되고, 주파수는 수 100 kHz까지 가변된다.

그림 2는 대각 길이 17인치인 백라이트를 스위칭 인버터에 의한 구형파 구동에 따른 오실로스코프

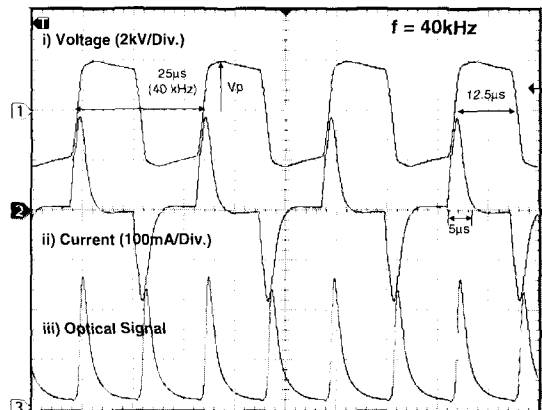


Fig. 2. Oscilloscope signals of electrical (i) voltage, (ii) current, and (iii) optical probe pulses for the backlight.

신호이다. 그림 2는 전압 파형 (i), 전류 파형 (ii), 그리고 광출력 (iii) 신호이다. 구동 주파수 40 kHz이고, 전압의 최대치 V_b 는 ± 2 kV이다. 본 실험에서는 사용되는 구동 파형의 전압 상승과 하강 시간은 약 2-3 μ s이고, 구동 주파수와 전압의 최대치 V_b 를 가변하여 백라이트의 휘도와 효율을 조사한다. 본 실험에서 전류와 광출력은 그림 2와 같이 전압의 상승과 하강 시에 전류와 광이 출력되며, 전류의 흐르는 시간과 광출력 시간은 약 5 μ s이다. 전압의 상승과 하강 시간이 2-3 μ s일때, 구동 전압의 최대치 V_b 의 증가에 따라서 전류의 흐르는 시간이 다소 증가하지만, V_b 가 2 kV이하에서 대개 5 μ s이다.

3. 실험 결과 및 논의

17 인치 백라이트에 대하여 구동 주파수를 변화하여 백라이트에 인가되는 전류와 전압 특성, 휘도와 효율 특성을 조사하였다. 그림 3은 구동 주파수 31, 39, 51, 63, 77, 97, 115 kHz에 대한 전류 및 전압 (I-V) 특성이다. 그림 4는 여러 가지의 구동 주파수에 대하여 입력 전력 (W)에 대한 휘도와 효율이다.

그림 3의 I-V 특성에서, 전압 V_b 는 그림 2의 오실로스코프 파형에서 전압 펄스의 최대값이고, 전류 I는 rms (root mean square) 값이다. 이 실험에서 그림 3과 같이 전압을 피크치로 나타낸 이유는 전압 상승과 하강 시간이 일정한 구형파에서 전압의

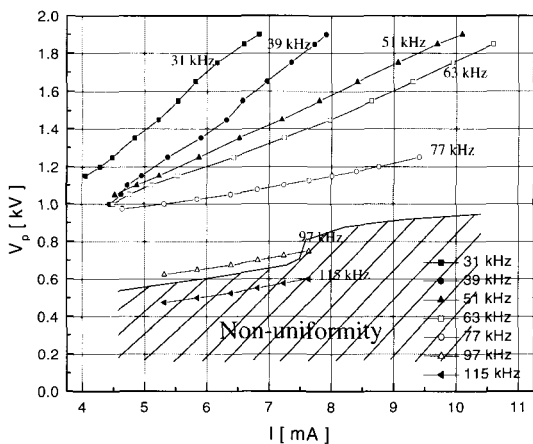


Fig. 3. Plots of the current and voltage characteristics for the backlight with various driving frequencies.

피크 값이 외부전극 형광램프 백라이트의 중요한 구동 변수이기 때문이다. 그림 3에서 전압의 증가에 따라 전류가 선형적으로 증가한다. 특히, 구동 주파수의 증가에 따라서 구동 전압이 낮다. 구동 주파수의 영역 31-77 kHz에서 안정된 방전을 보여준다. 주파수 97 kHz일 때, 전류의 범위 7.5 mA 이하에서 안정된 방전을 얻으며, 전류가 7.5 mA보다 커지면 전류의 변화가 심하여 안정된 전류값을 얻을 수 없다. 주파수가 115 kHz일 때, 구동 전압은 1 kV 이하이지만 불안정한 방전으로 백라이트 패널 전체에 대하여 휘도가 불균일하다.

구동 주파수 97 kHz 이상에서 불안정한 방전이 나타나는 원인은 EEFL의 방전특성으로부터 해석될 수 있다.

EEFL은 방전관 내부에 전극이 없으므로 전극을 통하여 직접 전류가 흐르지 않고, 방전 전하가 방전관 양끝의 내부에 교차적으로 쌓이는 형태로 동작한다. 즉, 방전관 양끝의 외부전극에 전압을 인가하면, 전자와 이온이 각각 방전관 내부의 양끝에 벽전하 (wall charge)의 형태로 쌓인다. 이러한 벽전하가 충분히 쌓이면 양끝에 쌓이는 벽전하 사이의 전기력과 외부전극 사이에 인가한 전기력이 상쇄되어 자체적으로 전류 흐름이 중단된다. 이와 같이 EEFL에서는 벽전하의 거동에 따른 전류의 흐름은 교류형 전압과 주파수에 영향을 받는다.

그림 2에서 구형파 펄스에 대하여 전류의 흐르는 시간과 광출력 시간은 약 5 μ s이다. 이 시간을 반주기로 하는 주파수는 100 kHz에 해당한다. 이는 반주기의 전압 펄스에 대하여 램프의 원활한 동작을 위하여 벽전하가 쌓이는 5 μ s 이상의 시간이 필요하며, 이에 해당하는 구동 주파수가 100 kHz 이하이다. 따라서 본 연구의 실험 결과인 그림 3에서 97 kHz 이상의 주파수에서 불안정한 방전을 나타내는 것은 EEFL의 벽전하가 쌓이는 충분한 시간이 확보되지 않은 상태에서 전압의 극성이 바뀌기 때문이다.

EEFL의 방전 전류는 주파수가 클수록 크다. 이는 전하가 방전관 내부 양끝을 교차적으로 움직이므로, 구동 주파수가 크면 전하의 교차 횟수가 커서 전류량도 커진다. 따라서 그림 3과 같이 동일한 전압에 대하여 구동 주파수가 크면 전류량이 크고, 주파수가 큰 경우에 낮은 구동 전압으로 방전관 내에

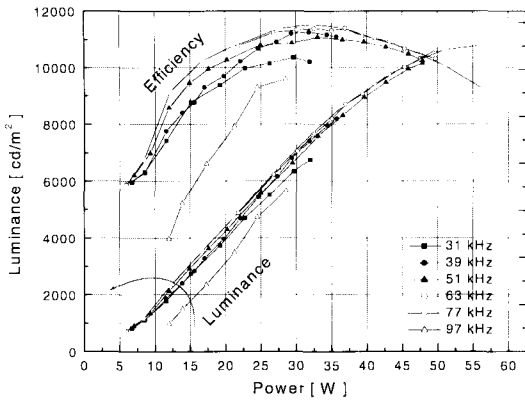


Fig. 4. Plots of the luminance and the efficiency versus input power for the backlight with various driving frequencies.

충분한 전류가 흐른다.

백라이트의 발광 특성은 그림 4이며, 인버터에 입력되는 전력에 대한 백라이트의 휘도와 효율을 나타낸다. 각 데이터는 그림 3의 구동 주파수에 해당한다. 구동 전압 2 kV 이하에 대하여, 입력 전력의 증가에 따라 휘도가 증가하며 점차 포화된다. 입력 전력의 증가에 따라 휘도의 상승률의 증가로 효율이 증가하며, 휘도 상승률의 둔화로 효율이 감소된다. 대개 입력 전력 35 W 이상에서 효율이 감소된다.

구동 전압 2 kV 이하에서, 구동 주파수 31 kHz와 39 kHz일 때, 휘도는 7,000 cd/m² 과 8,000 cd/m²에 이른다. 구동 주파수 51, 63, 77 kHz에서, 휘도는 10,000 cd/m² 이상의 값을 얻는다. 주파수 97 kHz일 때, 휘도가 6,000 cd/m² 이하에서 백라이트 전체에 대한 휘도의 균일성을 갖으며, 이때의 전압은 1 kV 이하이다. 그러나 1 kV 이상의 고 전압에서는 전류의 변화가 심하여 전류량을 측정하기 어렵고, 휘도가 일정하지 않다. 이는 구동 전압이 1 kV 이하에서는 램프에 흐르는 전류량이 작고 벽전하량도 작으며, 주파수 97 kHz의 반주기 시간이 벽전하가 쌓이는 충분한 시간이 되어 안정된 방전이 될 것이다. 그러나 전압이 상승하여 전류량이 커지면 이에 따른 벽전하가 쌓이는 시간도 길어질 것이며, 이는 주파수 97 kHz의 반주기 시간이 벽전하가 쌓이는 충분한 시간이 되지 못하여 방전이 불안정하다고 설명될 수 있다. 따라서 주파수가 크고, 구동 전압이

높은 경우는 방전이 불안정하여 전류량의 변화가 심하여 측정이 어렵고 휘도의 변화도 심하다. 이와 같이 EEFL은 관 내부의 방전 전하와 벽전하의 교차적인 움직임이 원활한 경우에 안정된 방전에 의한 휘도를 얻는다.

결과적으로 안정된 방전에 의한 휘도의 균일성은 구동 주파수의 영역 40-80 kHz에 대하여 고 효율 65-70 lm/W를 갖는 휘도 5,000-10,000 cd/m²를 얻는다. 구동 주파수 40 kHz 이하에서 고휘도를 얻기 위하여 구동 전압 2 kV 이상이 요구되었다. 구동 주파수 80 kHz 이상에서는 발광 효율이 낮아진다. 이 실험에서 고 효율과 균일한 휘도를 얻는 구동 주파수의 범위는 약 40-80 kHz이며, 주파수가 클수록 상대적으로 저 전압으로 구동되는 특징을 보여주었다. 결과적으로 17 인치 백라이트에 대하여 65 lm/W의 고 효율을 위하여, 입력 전력은 30-35 W이고 휘도는 7,000-8,000 cd/m²를 얻는다.

4. 결 론

외관 전극 형광램프를 병렬연결 배치한 대각 길이 17인치 LCD 백라이트의 발광 특성을 조사하였다. 12개의 램프를 2 cm 간격으로 배치한 대각길이 12 cm의 백라이트를 구형파의 피크 전압 2 kV 이하로 구동하였다. 스위칭 인버터에 의한 구형파 구동 주파수 40-80 kHz에 대하여 효율 60-70 lm/W와 휘도 5,000-10,000 cd/m²를 얻었다. 구동 주파수가 97 kHz 이상에서는 불안정한 방전에 의하여 휘도의 안정성과 균일성을 얻지 못한다.

17인치 백라이트의 발광의 안정성과 휘도의 균일도가 보장되기 위하여 구동 주파수는 약 80 kHz 이하가 되어야 한다. 이러한 구동 주파수의 한계값은 방전 전류의 흐르는 시간과 광의 방출 시간에 관계되며, 전류의 흐르는 시간은 반 주기에 대하여 약 5 μs로 측정되었으며, 이 시간은 주파수 100 kHz의 구동 펄스파의 전압 유지 시간에 해당한다. 따라서 방전 전류가 흐르는 시간 동안 구형파 구동의 전압 인가 시간의 확보가 백라이트의 안정된 방전을 보장하며, 이에 해당하는 구동 전압 유지 시간을 갖는 구동 주파수는 100 kHz 이하이다. 특히 안정된 발광을 위한 구동 주파수 40-80 kHz와 구동 전

압 1-2 kV의 영역에서, 구동 주파수가 높을수록 구동 전압이 낮아진다.

감사의 글

본 연구는 2001년 목포대학교 학술 연구비의 지원으로 수행되었으며, 일부는 한국과학재단의 특정 기초연구 프로그램의 관리번호 No. 2000-1-11100-003-3에 의하여 연구되었다.

참 고 문 헌

- [1] T. Shiga, K. Hashimoto, Y. Baba, S. Mikoshiba, S. Takaku, S. Nishiyama, The Sixth Asian Symposium on Information display & Exhibition Proceedings, ASID'00, Xi'an, P. R. China, Oct. 18-21, pp. 165-169, (2000).
- [2] Y. Baba, M. Izuka, T. Shiga, S. Mikoshiba, and S. Nishiyama, Society for Information Display, Int. Symp. Dig. Tech. Papers **32**, 290 (2001).
- [3] D. G. Joh, D. H. Gill, H. S. Kim, Y. G. Kim, J. J. Ko, D. I. Kim, C. W. Lee, Y. H. Seo, E. H. Choi, G. S. Cho, The Sixth Asian Symposium on Information display & Exhibition Proceedings, ASID'00, Xi'an, P. R. China, Oct. 18-21, pp. 470-474, (2000).
- [4] H. S. Kim, D. G. Joh, Y. G. Kim, J. J. Ko, D. I. Kim, C. W. Lee, E. H. Choi, G. S. Cho, B. H. Hong, H. G. Sohn, and B. G. Yu, Society for Information Display, 2001 International Symposium, Seminar & Exhibition, San Jose, California, June 3-8, (2001).
- [5] 조태승, 김영미, 권남옥, 김성중, 강준길, 최은하, 조광섭, 새물리 **44**, 44, (2002).
- [6] T. S. Cho, Y. M. Kim, N. O. Kwon, S. J. Kim, J. G. Kang, E. H. Choi, and G. S. Cho, Jpn. J. Appl. Phys. **41**, L355, (2002).
- [7] 조태승, 김영미, 권남옥, 김성중, 강준길, 최은하, 조광섭, 한국진공학회지 **11**, 76-80, (2002).