

# LCD-BLU용 외부전극형광램프의 광효율 측정과 결과분석

김진선<sup>1</sup>, 정희석<sup>1</sup>, 조광섭<sup>2</sup> (<sup>1</sup>한국조명기술연구소, <sup>2</sup>광운대학교 전자물리학과)

## I. 서 언

대면적 액정 디스플레이 장치의 백라이트 광원으로 냉음극 형광램프(Cold Cathode Fluorescent Lamp; CCFL)와 외부전극 형광램프(External Electrode Fluorescent Lamp; EEFL)가 사용되고 있다.

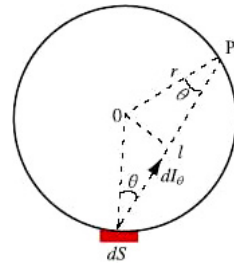
본 고에서는 휘도와 전광선속과의 관계를 살펴보고, 이들 형광램프의 광효율을 측정하여 그 결과를 서로 비교하였다. 광효율을 측정하는 방법은 형광램프의 휘도와 발광 면적을 이용한 관계식으로 광효율을 결정하는 방법이 일반적이다. 또 다른 방법은 적분구를 이용하는 측정법이다. 램프의 휘도와 발광 면적을 이용하는 측정 방법은 램프의 발광 면적에 따라서 광효율에 차이가 발생한다. 즉, 형광램프의 발광 면적을 유리관의 외경에 해당하는 면적으로 할 것인지, 혹은 유리관의 내경에 해당하는 면적으로 할 것인지에 대한 명확한 데이터가 없다. 한편, 적분구를 이용하여 측정하는 방법은 램프에서 발광되는 빛을 적분구 전면에서 완전 확산하여 측정한다. 따라서 램프의 발광면적에 따른 광효율 차이가 발생되지 않는다.

본 원고는 휘도계를 이용하는 광효율 측정과 적분구를 사용한 측정 방식을 상호 비교한다. 그 결과로부터 휘도계에 의한 휘도의 측정값으로 광효율을 측정하는 경우 램프의 발광 면적에 대한 명확한 값을 제시하고자 한다.

## II. 휘도와 전광선속

어느 방향에서 보아도 휘도가 같은 표면을 완전 확산면이라 한다. 완전 확산면은 실제로 존재하기 어려운 이상적인 면이지만, 이에 가까운 유백색 유리구, 가늘하늘 등을 완전 확산면으로 취급한다. [그림 1]에서 dS를 완전 확산면의 미소면적으로 하고, 그 휘도를 B[cd/m<sup>2</sup>]로 한다.

dS로부터 발산하는 전광선속을 구하기 위해서 dS에 접한 반지름 r[m] 구면을 고려하여 그 중심을 O라 하면, 구면상의 임의의 점 P와 dS와의 거리는 2rcosθ로 주어진다. 단,



[그림 1] 휘도와 전광선속

θ는 dS와 점 P를 잇는 선분과 dS 또는 점 P를 통하는 반지름 사이의 각이다.

점 P를 향한 dS의 광도를 dI<sub>θ</sub>라고 하면 램버트의 코사인 법칙에 의하여

$$B = \frac{dI_{\theta}}{dS \cos \theta} \quad (1)$$

이고,

$$dI_{\theta} = B dS \cos \theta \quad (2)$$

이다.

점 P에 있어서의 구면상의 조도는

$$E = \frac{dI_{\theta}}{r^2} \cos \theta \quad (3)$$

dI<sub>θ</sub>에 (2)를 대입하면

$$E = \frac{B dS \cos^2 \theta}{4r^2 \cos^2 \theta} = \frac{B dS}{4r^2} \quad (4)$$

이다.

따라서 구면 전체가 받는 전광선속, 즉 dS가 발산하는 전광선속은 구면의 면적이 4πr<sup>2</sup>이므로

$$dF = \frac{B dS}{4r^2} \times 4\pi r^2 = \pi B dS \quad (5)$$

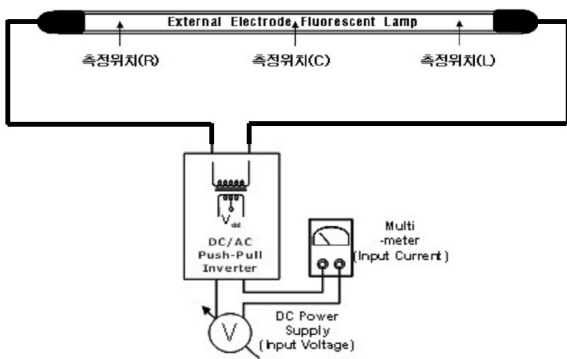
이다.

즉, 전광선속은  $\pi \times$  휘도  $\times$  발광면적이며, 광효율은 전광선속을 입력전력으로 나눈 값이다.

### III. 휘도와 전광선속의 측정

본 연구에 사용된 외부전극형광램프는 32인치 LCD-TV에 사용되는 램프이다. 외부전극형광램프의 총 길이는 74cm, 전극의 길이 각 2cm로 발광 길이는 70cm이다. 램프의 외경은 4mm, 유리관 두께는 0.5mm이다. 인버터는 단일램프용 자력식 Push-pull 인버터를 사용하였다. 입력전압 30VDC, 출력전압 1.2kV, 램프 점등 주파수는 60kHz~70kHz이다. 점등방식은 전극 양단에 600V를 인가하는 방식(Center Balance System : CBS)과 한쪽 전극에 1,200V를 인가하는 방식(Conventional)이 사용되었다.

[그림 2]는 램프 구동 회로이다. 시험실 주위 온도는  $(25 \pm 3)^\circ\text{C}$ 이고, 상대습도는  $(40 \pm 10)\%$ 이다. 외부전극형광램프의 휘도 측정점을 [그림 2]와 같이 표시하고 무반사 암실에서 입력전압 DC 30V로 램프를 점등한다. 램프의 전기·광학적 특성이 안정될 때까지 Aging 한다. 휘도계의 측정 위치가 램프의 발광면적 안으로 위치하도록 램프와 휘도계의 거리(22cm)를 조절하고 휘도를 측정한다. 측정 위치는 램프의 발광이 시작되는 부분에서 5cm 떨어진 지점(R, L)과 램프의 중앙(C)이다. 휘도계의 포커싱은 램프의 외경에 위치하도록 한다. 외부전극 형광램프는 점등방식에 따라 램프의 휘도에 차이가 발생한다. 즉, 측정 위치에 따라 전광선속이 달라 정확한 측정을 할 수 없으므로 평균 휘도를 측정하여 광효율을 측정한다.



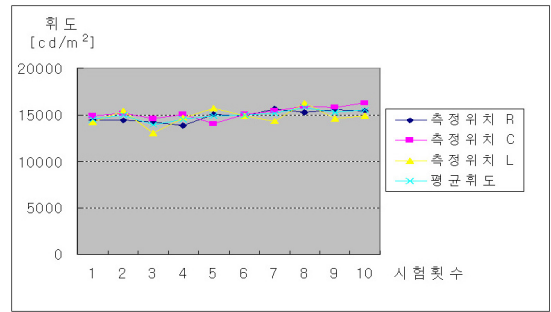
[그림 2] 램프 구동 회로

[표 1]은 인버터의 점등방식에 따른 외부전극형광램프의 휘도와 전기적 입력 특성이다.

CBS 방식으로 점등 된 램프는 측정위치에 따른 휘도 변화가  $2,000\text{cd}/\text{m}^2$ 이다. 그러나 Conventional 방식은  $4,000\text{cd}/\text{m}^2$ 이다. CBS 방식은 램프의 양단에 약 600V의 전압을 인가하도록 인버터가 설계된 반면, Conventional 방식은 한쪽 전극에 약 1,200V를 인가하여 점등되기 때문이다. [그림 3]은 점등 방식에 따른 램프의 점등 현상이다.

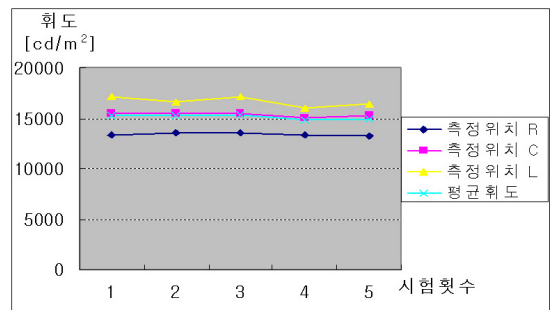
[그림 4]는 전광선속 측정 회로이다. 시험실 주위온도는

[표 1] 점등방식에 따른 휘도 및 전기특성



입력전압[VDC]	입력전류[A]	입력전력[W]
30	0.435	13.09
	0.443	13.34
	0.439	13.26
	0.440	13.28
	0.438	13.22
	0.435	13.11
	0.436	13.14
	0.436	13.14
	0.437	13.17
	0.441	13.28

(a) CBS 방식



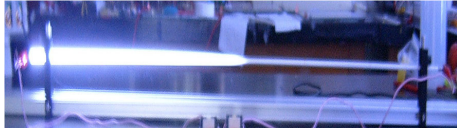
입력전압[VDC]	입력전류[A]	입력전력[W]
30	0.447	13.41
	0.447	13.41
	0.452	13.57
	0.445	13.35
	0.443	13.28

(b) Conventional 방식

$(25 \pm 3)^\circ\text{C}$ 이고 상대습도는  $(40 \pm 10)\%$ 이다. 적분구 내부 온도는  $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ 를 유지한다. 표준광원(직관형 형광램프)과 외부전극 형광램프를 교대로 적분구의 중앙에 위치하도록 한다. 이때 램프의 빛이 조명도계에 직접 입사되지 않도록 조명도계와 나란히 한다. 램프와 인버터의 거리는 휘도를 측정할 때와 동일한 조건으로 한다. 입력전압 DC 30V로 외부전극 형광램프를 점등한다. 램프의 전기·광학적 특성이 안

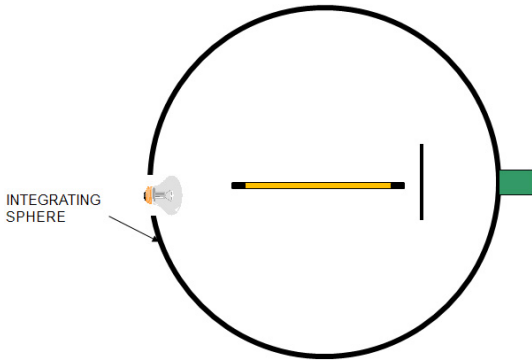


(a) CBS 방식



(b) Conventional 방식

[그림 3] 점등 방식에 따른 램프점등



[그림 4] 전광선속 측정 회로

정될 때까지 Aging 한후 전광선속을 측정한다. KS C 7601 (형광램프)에서는 적합 안정기의 정격전압, 정격주파수로 100 시간 에이징 한 램프를 주위온도 (25±1)℃의 무풍상태에서 측정한다. 적분구의 크기는 램프 크기의 1.2배 이상되는 적분구를 사용한다.

[표 2]는 점등방식에 따른 외부전극형광램프의 전기적 특성과 전광선속이다.

[표 2] 점등방식 따른 전기적 특성 및 전광선속

입력전압 [VDC]	입력전류 [A]	입력전력 [W]	전광선속 [lm]
30	0.443	13.03	357
	0.440	13.25	370
	0.436	13.15	359
	0.436	13.13	357
	0.435	13.09	359
	0.433	13.05	357
	0.433	13.02	356
	0.432	13.03	356
	0.435	13.08	358
	0.439	13.23	364

(a) CBS 방식

입력전압 [VDC]	입력전류 [A]	입력전력 [W]	전광선속 [lm]
30	0.441	13.26	369
	0.447	13.41	371
	0.441	13.24	371
	0.444	13.39	367
	0.445	13.37	374

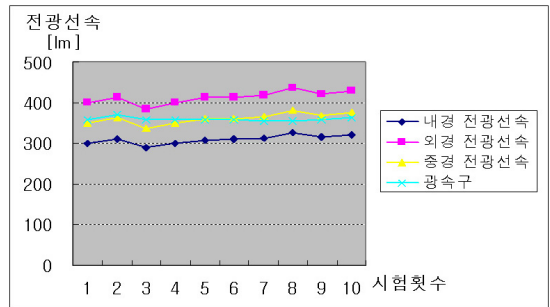
(b) Conventional 방식

점등방식에 따라 휘도는 측정 위치별로 휘도가 다른 반면 적분구에서의 전광선속은 램프 전체 복사량을 측정하기 때문에 점등방식에 따른 변화는 없다.

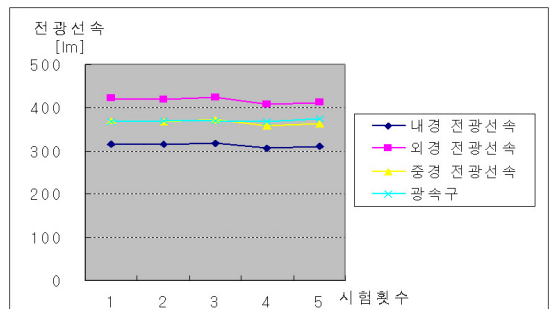
### IV. 측정 결과 분석

[그림 5]는 CBS와 Conventional 방식으로 점등했을 때 발광면적에 따른 전광선속과 적분구에 의해 측정된 전광선속을 비교하였다.

CBS 방식에서 램프의 직경을 내경으로 계산한 전광선속은 (289~322) lm이다. 외경으로 계산된 전광선속은 (386~436) lm이고, 중경(내경과 외경의 중간값)으로 계산된 값은 (337~382) lm이다. 적분구에 의한 전광선속은 (356~370) lm이다. 적분구에 의한 전광선속과의 차이는 내경일 때 (67~48) lm, 외경일 때 (30~66) lm, 중경일 때 (19~12) lm의 차이가 있다.

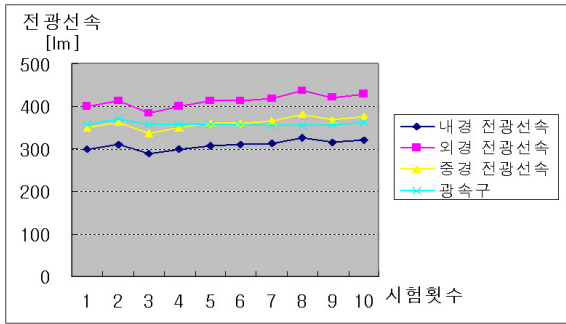


(a) CBS 방식

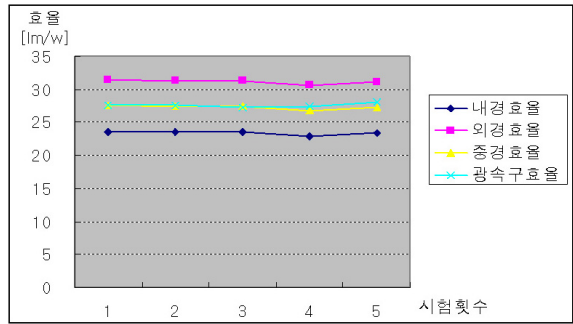


(b) Conventional 방식

[그림 5] 점등방식에 따른 전광선속



(a) CBS 방식



(b) Conventional 방식

[그림 6] 점등방식에 따른 광효율

램프 각각의 전광선속 측정값에서는 내경으로 계산된 값의 차는 (29~70) lm, 외경 (26~80) lm이고 중경일 때에는 (2~26) lm의 차이가 있다. 두 경우 모두 중경일 때에 적분구의 측정값과 차이가 가장 적다.

Conventional 방식은 내경일 때 (306~319) lm, 외경 (409~422) lm이고, 중경일 때 (357~372) lm이다. 적분구에 의한 전광선속은 (367~374) lm이다. 적분구에 의한 전광선속과의 차이는 내경일 때 (61~55) lm, 외경일 때 (42~48) lm, 중경일 때 (10~2) lm의 차이가 있다.

램프 각각의 전광선속 측정값에서는 내경으로 계산된 값의 차는 (52~64) lm, 외경은 (40~54) lm이고, 중경일 때에는 (1~12) lm의 차이가 있다. Conventional 방식에서도 CBS 방식과 마찬가지로 중경일 때 적분구의 측정값과 가장 근접한 것으로 측정되었다.

측정 결과 적분구로 측정된 전광선속과 램프의 직경을 중경으로 하여 측정된 값이 램프의 직경을 내경 또는 외경에 의한 전광선속보다 차이가 적다.

[그림 6]은 점등방식에 따른 광효율을 측정한 것이다.

광효율은 입력되는 전력의 광변환 효율이다. 전광선속과 마찬가지로 중경일 때 적분구로 측정된 효율과 가장 근접한 결과를 확인하였다.

### III. 결 언

지금까지 휘도와 전광선속과의 관계를 살펴보고, LCD 백라이트용 형광램프의 광효율을 측정하는 두 가지 방법을 비교 분석하였다. 일반적으로 가장 간편하게 사용되는 방법은 휘도와 램프의 발광 면적으로 환산하는 방법이다. 두 번째 방법은 적분구를 이용하는 방법으로서, 램프에서 발생하는 전광선속을 직접 측정하므로 비교적 정확한 측정 값을 얻을 수 있다. 휘도의 측정으로 전광선속을 환산하기 위해서는 램프의 전체 발광면적에 휘도를 곱하여 산출한다. 이때, 램프의 발광 면적의 산출에서 발광 면적에 해당하는 유리관의 직경의 선택을 적분구에서 측정한 전광선속과 비교하여 정하였다. 그 결과 외부전극 형광램프의 광효율을 측정할 때 램프의 발광 면적은 내경과 외경의 중간값으로 측정하는 값

이 적분구를 이용하여 측정된 값과 가장 근접하였다. 휘도와 전광선속과의 관계식에서, 램프가 완전 확산면이 아니기 때문에, 램프의 발광 면적을 보정하여야 한다.

결론적으로 LCD 백라이트용 세관 형광램프의 광효율은 적분구를 사용하여 측정하는 것이 가장 정확하다. 휘도를 측정하여 광효율을 측정하는 경우는 램프의 발광 면적을 유리관의 내경과 외경의 중간값을 택하여 보정하는 것이 정확한 광효율의 환산 방법이다.

## 저 자 소 개



김진선

대림대학 전기과 졸업, 광운대학교 전자물리학과 석사과정, 현재 : 한국조명기술연구소 디자인신뢰성개발실 연구원



정희석

광운대학교 전기공학과 졸업, 광운대학교 전자물리학과 석사과정, 현재 : 한국조명기술연구소 디자인신뢰성개발실 주임연구원



조광섭

1983 : 한국과학기술원 물리학과 석사학위, 1987 : 한국과학기술원 물리학과 박사학위, 1989. 3~1992. 2 : 광운대학교 (조교수), 1992. 7~1993. 6 : 미국 MIT (객원연구원), 1993. 3~1997. 3 : 광운대학교 (부교수), 1994. 9~1997. 8 : 광운대학교 (기획관리실장), 1999. 3~현재 : 광운대학교 (정교수)