

면광원 램프 및 이를 이용한 LCD TV용 백라이트

박종리 · 김청수¹ · 임성규*

단국대학교 정보디스플레이 연구소

¹미래산업 주식회사

Flat Fluorescent Lamp(FFL) and LCD TV Backlight Using FFL as a Light Source

Jong-Lee Park, Chung-Soo Kim¹ and Sung-kyoo Lim*

Information Display Research Center, Dankook University

29 Anseo-dong, Cheonan, Chungnam 330-714, Korea

¹Mirae Corporation, #719 Baekseok-Dong, Cheonan-Si, Chungcheongnam-do, 330-220, Korea

초 록 : LCD(Liquid Crystal Display) TV(Television) 용 백라이트의 광원으로서는 면광원을 개발하였으며 이를 이용한 백라이트를 개발하였다. 백라이트의 광원으로 사용된 면광원은 유리성형을 통하여 채널을 형성하였으며 채널의 모양이 타원형 구조, 높이 4.4 mm, 채널의 실링 부위를 1.4 mm로 최적화된 면광원을 이용하여 제작한 백라이트의 성능을 향상시킬 수 있었다. 본 논문에서는 특히 면광원의 채널구조에 따른 백라이트의 휘도균일도의 변화에 대하여 연구하였으며 특히 광학 시뮬레이션을 통하여 면광원의 채널형상을 최적화 하였다. 채널의 구조가 최적화된 면광원을 이용하여 제작된 32", LCD TV의 휘도는 576 cd/m² 이었다.

Abstract : A flat fluorescent lamp (FFL) was developed as a light source for LCD TV Backlight. The channels of FFL were realized by forming the flat glass at high temperature. The performance of the backlight with FFL was shown to improve by optimizing the FFL channel profile that has elliptical shape, 4.4 mm height and 1.4 mm sealing distance. In this paper, the brightness uniformity of LCD TV backlights was investigated by optical simulation of FFL channel profiles. The brightness of LCD TV using FFL with the optimized channel profile was shown to be 576 cd/m².

Keywords : LCD TV, Flat Fluorescent Lamp, Backlight, Channel Profile, Brightness Uniformity

1. 서 론

현재 LCD TV의 광원으로 주로 CCFL(Cold Cathode Fluorescent Lamp) 및 EEFL(External Electrode Fluorescent Lamp)이 사용되고 있다.^{1,2)} LCD TV는 노트북이나 모니터에 비해 고 휘도의 백라이트의 밝기가 요구되므로, 세관형 램프를 LCD Panel의 배면에 위치하는 직하방식 백라이트의 방

식을 주로 사용한다. CCFL/EEFL 직하방식 백라이트의 경우 고 휘도 및 휘도 균일도 향상을 위하여 10개 이상의 램프가 요구되며, 그에 상응하는 관련 자재 및 인버터가 요구된다. 반면에 면광원은 1개의 램프만 사용하므로 면광원을 LCD TV의 광원으로 사용할 경우 광을 효율적으로 사용할 수 있으므로 백라이트의 광 효율을 향상시킬 수 있으며, 관련 자재 및 인버터의 수량을 줄일 수 있으며

*Corresponding author
E-mail: limsk@dankook.ac.kr

로 면광원을 이용한 LCD TV용 백라이트의 개발은 필수적이라고 할 수 있다.³⁻⁵⁾

Fig. 1에서는 본 논문에서 설계한 면광원의 방전 원리를 보여주고 있다. 면광원의 기본적인 방전 원리는 현재 LCD TV의 광원으로 사용되고 있는 CCFL 및 EEFL과 비슷하다. 면광원의 양단에 위치하고 있는 외부 전극에 전계를 가하면 면광원 내부에 전자가 형성되고, 더욱 높은 전계를 가할수록 이 전자는 면광원의 내부에서 가속하게 된다. 이 가속된 전자가 면광원 내부의 수은원자를 이온화 시키고 이온화 된 수은 원자는 약 254 nm의 자외선을 방출한다. 이 자외선이 면광원 램프의 성형 유리 및 하판 유리 내부에 도포 되어있는 형광체를 여기 시켜 가시광선을 발생한다.

현재 면광원은 램프의 구조, 방전 채널의 구조 그리고 방전의 방식에 따라서 여러 가지 형태로 개발되고 있으나, 생산 가격, 수명 및 광효율 등을 고려할 때에 금형을 이용하여 유리를 성형한 후 방전 공간을 구획하는 방식이 가장 적합한 방식이다.^{6,7)} 또한, 금형을 이용하여 방전 공간의 형상을 제작하므로 원하는 모양의 램프 채널 형상을 제작할 수 있다. 면광원 채널 형상의 설계를 통하여 백라이트의 휘도 균일도를 향상시킬 수 있으므로 면광원에서의 채널 형상은 LCD TV의 화면 품질을 결정하는 주요 요소이다.

면광원의 휘도 균일도를 향상하기 위한 가장 중요한 3가지 요소로는 램프 채널의 형태, 채널의 높이 및 채널과 채널 사이의 비 발광 영역인 Sealing Distance를 들 수 있다. 백라이트의 휘도 균일도를 향상시킬 수 있는 면광원의 채널 형상 설계를 위해서는 Optical Simulation을 이용하여 최적의 채널 모양을 설계한 후 제작하는 작업이 요구된다. 그

리하여, 본 논문에서는 면광원 램프의 채널 구조 및 백라이트를 Optical Simulation을 통하여 설계 및 제작함으로써 최적의 채널 형상을 갖고 있는 면광원을 이용하여 휘도 균일도가 향상된 백라이트를 제작할 수 있었다.

2. 실험 방법

2-1. 면광원과 백라이트의 설계 및 제작 과정

본 논문에서는 최적의 휘도 균일도를 갖는 면광원의 채널 형상을 설계한 후 LCD TV용 백라이트를 설계 및 제작하였다. 앞에서 언급한 바와 같이 채널 형상 및 백라이트의 광 특성에 대하여서는 광 Simulation을 이용하여 여러 형태의 채널 형상 및 백라이트의 구조를 검증한 후에 설계하여 제작하였다.

광 Simulation을 이용하여 면광원의 채널 형상 및 백라이트를 설계하기 위하여서는 우선적으로 주요 관련 자재들의 광 특성을 파악하여야 한다. 면광원에서는 형광체의 광 특성 파악이 중요하다. 형광체의 광 특성 중 산란 특성을 측정하여 Simulation에 적용시킬 수 있다. 이렇게 파악된 광 특성들을 바탕으로 하여 이미 제작되어 있는 면광원과 그 램프를 Simulation 한 결과를 비교함으로써 추후 진행할 Simulation의 신뢰성을 향상시킬 수 있다. 백라이트의 Simulation에서는 채널과 채널사이의 휘선 현상을 방지할 수 있는 확산판의 광 특성 파악이 중요하다. 형광체와 마찬가지로 확산판의 광 특성 중 산란 특성을 측정하여 Simulation에 적용시키게 되는 것이다. 백라이트의 Simulation은 현재 제작되어 있는 CCFL 백라이트의 측정 Data와 Simulation 결과를 비교함으로써 추후 진행할 Simulation의 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

이와 같이 수집된 기본 자료를 토대로 면광원과 백라이트의 설계를 시작할 수 있었다. Fig. 2에는 본 논문의 실험 개략도를 나타내고 있다. 램프 형상 관련 실험에서는 램프 상부의 직선부위의 길이(R)을 변화시켜 가며 실험하며, 채널의 높이에 대한 실험에서는 채널의 높이(T)를 변화시켜가며 실험하였다. 그리고 채널간의 실링 거리(S)가 면광원의 휘도 균일도에 어느 정도 영향을 미치는지 Simulation 하였다. 그리고 확산판에 대한 실험은 서로 다른 광 산란 특성을 갖는 확산판들을 이용

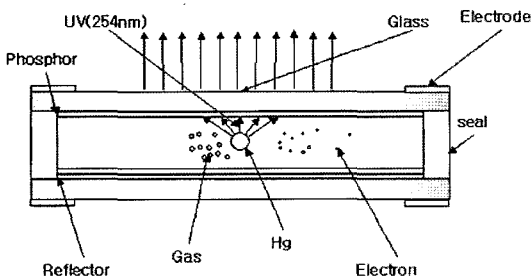


Fig. 1. FFL light emission mechanism

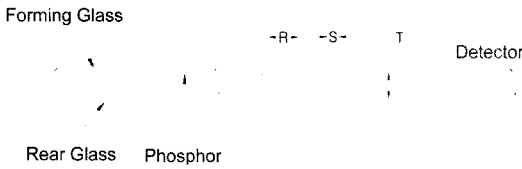


Fig. 2. Cross section of FFL

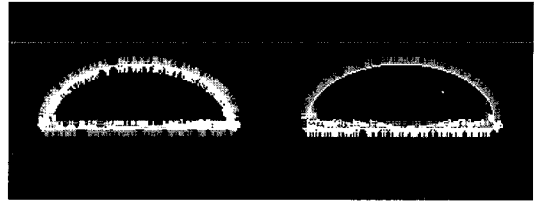


Fig. 3. Bidirectional emission of light from phosphor

하여 서로의 휘도 균일도를 비교하여 보았다. 이렇게 수집된 광원과 백라이트 자재들의 광 특성을 이용하여 백라이트를 설계하였다. 광원과 확산판과의 거리에 따른 휘도와 휘도 균일도의 변화량을 파악한 후 백라이트의 설계를 완성하였다.

설계가 완성된 후 면광원 램프를 제작하기 위한 유리성형 금형을 설계하였다. 설계된 유리 성형 금형을 이용하여 면광원을 제작할 수 있었다. 또한 백라이트의 각종 자재들을 설계 및 제작한 후 자재들의 조립을 통하여 Backlight Unit을 제작할 수 있었다. 자재 설계 시에 LCD Panel과의 호환성 및 내충격성, 내열성 등을 고려하여 설계하였다.

2-2. Simulation Condition

본 논문에서는 Simulation을 이용하여 면광원을 이용한 백라이트를 설계하였다. 본 논문에서 사용된 Simulator는 미국의 BRO(Breault Research Organization)의 ASAP(Advanced Systems Analysis Program)을 이용하였다.^{9,10)} 현재 우리나라에서는 ASAP, Light Tools, Trace Pro 등의 여러 가지 광학 Simulation Software가 사용되고 있으며 그 중에서도 가장 많이 사용되어지고 있고, 또한 성능 면에서도 가장 우수하다고 평가되는 프로그램이 ASAP이다. ASAP은 다음과 같은 특징이 있다. ASAP은 빛의 Scattering, Diffraction, Reflection, Refraction, Absorption, Polarization, Gaussian Beam Propagation 등의 성질을 부여할 수 있다. 3D 모델링 Tool인 Rhinoceros, CAD 등의 응용이 가능하다.¹¹⁾

면광원의 휘도 균일도를 향상시키기 위한 가장 중요한 요소로 세가지를 뽑을 수 있다. 램프 채널의 형태, 채널의 높이 및 채널과 채널 사이의 비발광 영역인 Sealing Distance가 그것이다. 이 요소들을 이용하여 균일한 휘도 균일도를 갖는 면광원을 이용한 백라이트를 설계 및 제작하기 위하여 광 Simulation을 통하여 최적의 채널모양을 설계한 후

제작하는 작업이 요구되었다.

Fig. 3에서는 Simulation 상에서 Ray가 발생하는 모습을 개략적으로 보여주고 있다. Fig. 3과 같이 한 광원에서 양쪽 방향으로 Ray가 발생하도록 하였다. Fig. 3에서는 Emitting Source의 위치를 알기 쉽게 하기 위하여 Glass 내부에서 0.5 mm 떨어진 상태 이나, 실제 Simulation 시에는 1 μm 떨어져 있다. Table 1에서는 본 논문의 실험에서 Simulation에 적용된 각각의 요소들을 보여주고 있다. 실제의 32" 면광원의 채널 중에서 채널의 특성을 대표할 수 있는 5개의 채널만 Sampling하여 Simulation 하였으며, 형광체가 도포 되어 있는 채널의 내벽에는 형광체의 산란 특성을 부여하였다.

이와 같이 실험한 Simulation의 결과를 바탕으로 휘도 균일도를 평가하여야 한다. 휘도 균일도는 다음과 같은 공식에 의해 산출하였다.

$$\text{휘도균일도} = \frac{\text{최저휘도}}{\text{최고휘도}} \times 100 \quad (1)$$

5개의 채널 중에서 최외각 부위의 휘도는 실제 LCD의 화면 영역에 포함 안 된다고 간주하여 제외하였으며, 최외각 채널 내부에서의 휘도 균일도를 산출하였다.

2-3. 백라이트 부품의 광특성 자료 수집

Table 1. Simulation Conditions

| | |
|---|---------------------|
| Num. of Channel | 5 ea. |
| Total Size | 100×80 mm |
| Refractive Index of Glass | 1.52 |
| Distance between Light Source and Glass | 1 μm |
| Distance between FFL and Detector | 0.1 mm |
| Inside of Channel | Diffusion Character |

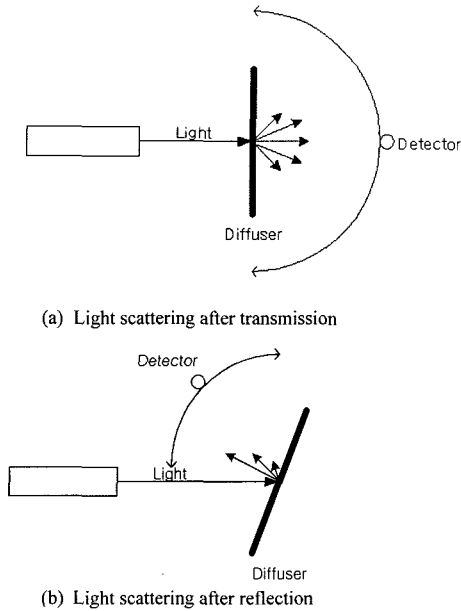


Fig. 4. Scattering characteristics from diffuser. (a) Light scattering after transmission, (b) Light scattering after reflection

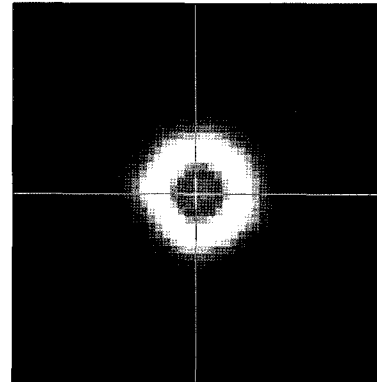
백라이트의 Simulation을 위해서는 확산판의 광산란 특성을 측정해보아야 한다. Fig. 4는 확산판의 광산란 특성을 측정하기 위한 실험 개략도이다. Simulation을 위해서는 투과광 산란과 반사광 산란을 측정하여야 하는데 실험 방법은 다음과 같다. 우선 투과광 산란은 Light Source에서 Diffuser로 발사된 빛이 Diffuser를 투과하면서 빛은 산란되게 된다. 그 산란된 빛을 Detector를 회전시켜가며 관측하여 산란 정도를 알 수 있다. 반사 산란광도 투과 산란광과 마찬가지로 확산판을 향하여 빛을 발사 시켜서 반사된 빛을 Detector를 회전시켜가면서 측정할 수 있다.

위와 같은 방법으로 측정한 데이터를 광 Simulation Program에 대입하여 Simulation한 결과는 Fig. 5와 같다. Fig. 5는 확산판의 산란 특성에 따른 차이를 확연히 보여주고 있다.

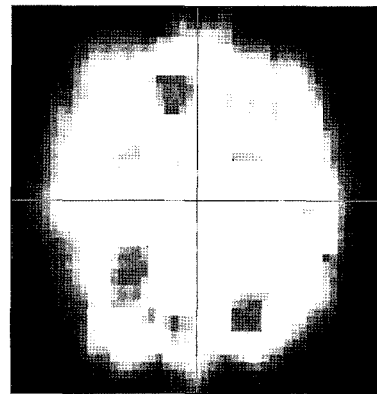
3. 결과 및 고찰

3-1. 면광원의 설계

형광체에서 발생하는 빛의 형태는 면광원의 채널 형상에 의하여 결정된다. 우선적으로 Fig. 2의



(a) Sample 1



(b) Sample 2

Fig. 5. Brightness distribution from diffuser samples by optical simulation. (a) Sample 1, (b) Sample 2

R의 길이를 변화해 가며 Simulation하였다. R이 크다는 것은 채널의 직선 부위가 많다는 것이고, R이 0일 때에는 채널의 직선 부위가 없이 타원형 형태의 채널 구조라는 것이다.¹²⁾ Simulation 결과 직선 부위의 길이가 10 mm일 때에는 56.7%의 휘도 균일도를 나타낸 반면, 직선 부위의 길이가 0 mm일 때에는 83.7%의 가장 좋은 휘도 균일도를 나타내었다. Fig. 6에는 채널의 직선 부위의 길이에 따른 휘도 균일도의 변화를 보여주고 있다. 직선 부위가 없을수록 즉, 면광원의 채널 상부의 형태가 타원형 일 때에 가장 좋은 휘도 균일도를 보여주는 것을 알 수 있다.

다음으로 Fig. 2에서 T의 크기를 변화해 가며 Simulation하였다. T가 커질수록 채널이 원형 형상이 되는 것이고, T가 작을수록 채널은 납작한 형상이 되는 것이다. Simulation 결과 채널의 높이가

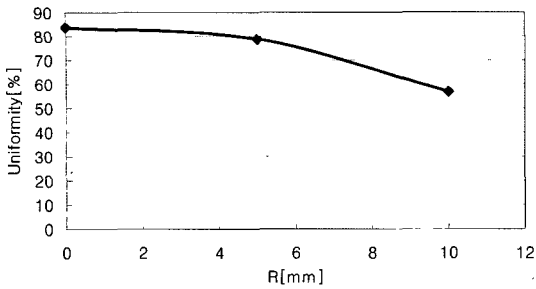


Fig. 6. Dependence of brightness uniformity on channel structure

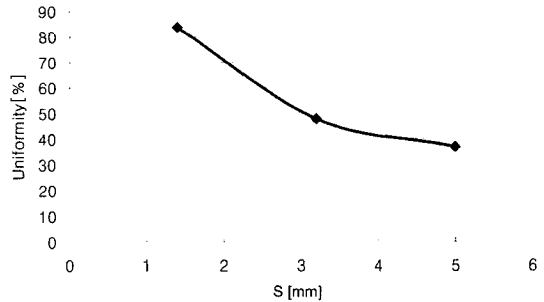


Fig. 8. Dependence of brightness uniformity on sealing width

3.5 mm일 때에는 72.9%의 휘도 균일도를 나타낸 반면, 채널의 높이가 4.6 mm일 때에는 84.3%의 가장 좋은 휘도 균일도를 나타내었다. Fig. 7은 채널 높이에 따른 휘도 균일도의 변화를 보여주고 있다. 채널의 높이가 커질수록 즉, 면광원의 채널형태가 원형에 가까워질수록 휘도 균일도는 증가하는 것을 볼 수 있다. 그러나 채널의 높이는 면광원 램프의 전기적, 광학적 부분에 많은 영향을 미치는 요소이다. 본 논문에서는 면광원 램프의 채널 높이는 휘도와 휘도 균일도를 고려하여 4.4 mm로 설계하였다.

마지막으로 Fig. 2에서 S의 크기를 변화해 가며 Simulation하였다. S가 커질수록 채널의 Sealing부위가 길어지면서 비 발광 부위가 커지는 것이며, S가 작을수록 채널의 Sealing부위가 작아지면서 발광 부위가 커지는 것이다. Simulation 결과 Sealing부위의 길이가 5 mm일 때에는 36.9%의 휘도 균일도를 나타낸 반면, Sealing 부위가 1.4 mm일 때에는 83.7%의 가장 좋은 휘도 균일도를 나타내

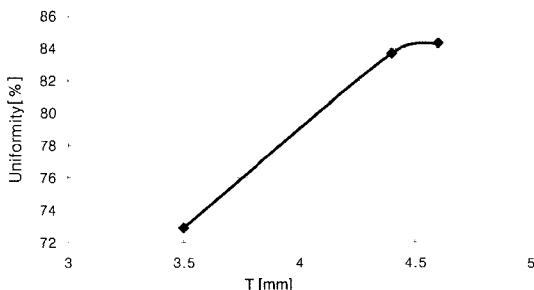


Fig. 7. Dependence of brightness uniformity on channel height

었다. Fig. 8에서는 Sealing 부위의 길이에 따른 휘도 균일도의 변화를 보여주고 있다. 채널의 Sealing길이가 길어질수록 즉, 면광원의 채널 발광 부위가 커질수록 휘도 균일도는 증가하는 것을 볼 수 있다. 게다가 Sealing부위가 증가할수록 휘도 균일도는 급격히 저하되는 것을 볼 수 있다. 위 결과에 따라 Sealing부위가 최소화되어야 함을 알 수 있다. 본 논문에서는 면광원의 Sealing부위는 금형으로 제작 가능한 1.4 mm로 설계하였다.

위의 같은 실험 과정을 거쳐서 Fig. 9와 같은 구조의 LCD TV용 광원인 면광원의 채널 구조를 설계하였다. 채널의 형태는 휘도 균일도가 가장 좋은 타원형 구조를 사용하였고, 채널의 높이는 휘도와 휘도 균일도를 고려하여 4.4 mm로 하였다. 채널과 채널 사이의 실링 폭은 금형으로 제작 가능한 최소 길이인 1.4 mm로 하였다. Fig. 10은 설계된 면광원 램프의 광 분포에 대한 Simulation 결과를 보여주고 있다. 최종적으로 면광원 램프의 휘도 균일도에 기인하는 요소들을 Optical Simulation을 통하여 휘도 균일도 83.7%의 최적의 휘도 균일도를 갖는 면광원 램프의 채널 형상을 설계할 수 있었다.

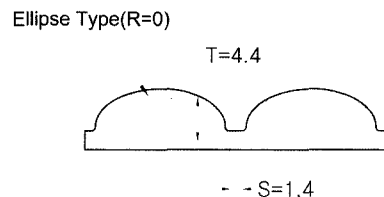


Fig. 9. Optimum channel shape of FFL used for luminance uniformity simulation

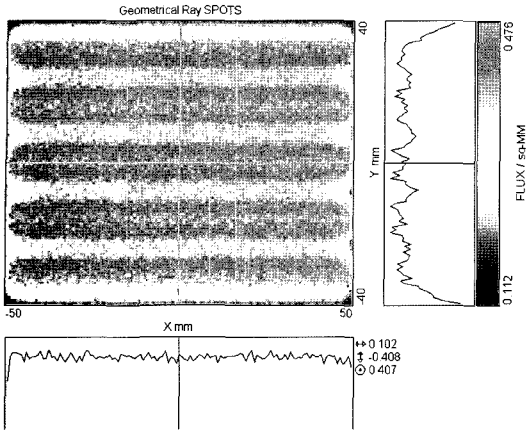


Fig. 10. FFL brightness distribution

3-2. 면광원의 백라이트 설계

앞에서 설계된 면광원과 분석된 백라이트의 광 부품들을 이용하여 면광원 백라이트의 설계가 가능하다. 최적의 백라이트 구조의 설계를 위하여 면광원과 확산판과의 거리에 따른 휘도 및 휘도 균일도를 Simulation하였다. 면광원과 확산판과의 거리가 멀어질수록 휘도 균일도는 향상되나 휘도는 저하되게 된다. Simulation 결과 면광원과 확산판과의 거리가 10 mm일 때에는 86.7%의 휘도 균일도를 나타내는 반면, 면광원과 확산판과의 거리가 14 mm일 때에는 96.2%의 휘도 균일도를 나타내었으므로 휘도 균일도가 향상되는 것을 볼 수 있다. 그러나 면광원 램프와 확산판과의 거리가 10 mm일 때에는 75%의 휘도 투과율을 나타내는 반면, 면광원 램프와 확산판과의 거리가 14 mm일 때에는 65%의 휘도 투과율을 나타내고 있으므로 휘도가 상대적으로 저하되는 것을 볼 수 있다. Fig. 11에서는 Simulation 결과에 따른 면광원과 확산판과의 거리에 의한 휘도 균일도 및 휘도 투과율의 변화를 보여주고 있다. 면광원 램프와 확산판과의 거리가 멀어질수록 휘도 균일도는 향상되나, 휘도 투과율은 감소되는 것을 알 수 있다.

3-3. 면광원 백라이트의 측정 결과 및 분석

앞에서 설계된 면광원 백라이트의 구조를 이용하여 Fig. 12와 같이 면광원을 이용한 백라이트를 제작하였다. 제작된 백라이트의 광 특성을 측정하였다. 백라이트의 광 특성은 휘도, 휘도 균일도와

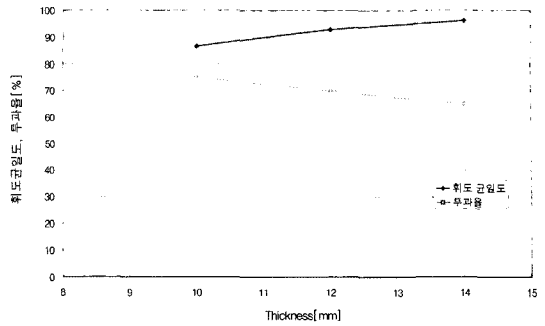


Fig. 11. Dependence of brightness uniformity and transmittance on distance between FFL and diffuser

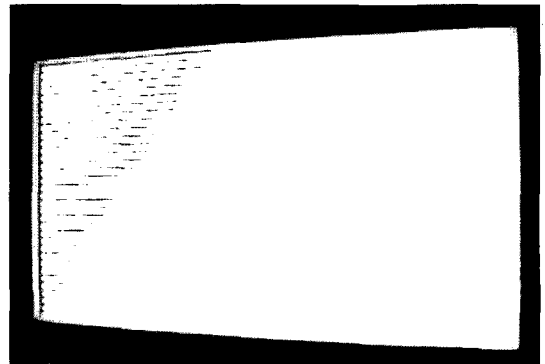


Fig. 12. LCD TV backlight using FFL as light source

색좌표를 측정한다. 백라이트는 광 부품이므로 표출되는 휘도가 결국 System의 결과물이다. 그러므로 고효율의 System이 되기 위해서는 입력되는 소비전력에 비하여 많은 광을 방출하여야 하므로 그 정도를 휘도 수치로 나타내게 되는 것이다. 그리고 휘도 균일도는 이러한 백라이트의 결과물이 얼마나 균일하게 먼 전체에 표출되는가를 가늠하는 요소이다. 주로 중앙의 휘도와 외각 부위의 휘도의 비교가 이루어지게 되는데 본 논문에서는 백라이트의 9Points를 측정하였다. 휘도 균일도가 저하되면 주로 백라이트의 외각 부위의 휘도가 저하되는 경우가 많은데 이 경우 LCD TV 상에서 외각 부위가 어두워지는 현상이 발생하게 되므로 화면 품질을 저하시킨다. 또한 LCD Panel 상에서 원하는 색좌표를 얻기 위해서는 LCD Module의 Light Source인 백라이트에서 일정한 색좌표를 나타내어야 한다. 백라이트에서 나타내주어야 하는 색좌표는 LCD Panel의 종류에 따라서 결정된다. 백라

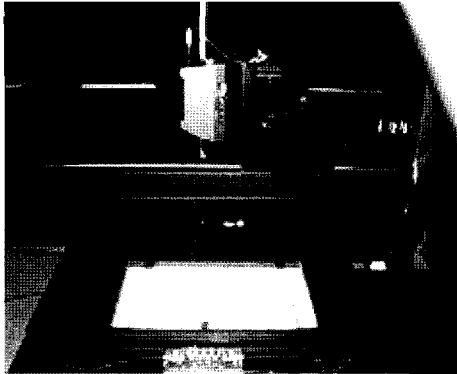


Fig. 13. Measurement set-up for optical characterization of FFL backlight

이트에서 일정한 색좌표를 나타내 주지 못할 경우 LCD Panel에서 원하는 색상을 표시하지 못하므로 화면 품질을 저하시키게 된다.

백라이트의 광 특성을 평가하기 위해서는 휘도 측정기 중에서 분광 계측 방식의 장비를 주로 사용한다. 분광 계측 장치는 광의 Spectrum을 분석하여 이를 휘도와 색좌표로 산출하는 방식이다. 이러한 휘도 측정기를 우리가 원하는 지점을 측정할 수 있도록 하여주는 측정 Stage에 부착하여 평가한다. 측정 Stage를 사용함으로써 우리가 원하는 지점을 정확하게 연속적으로 측정할 수 있으므로 더욱 신뢰성 있는 평가 결과를 얻을 수 있다. Fig. 13에서는 본 논문에서 제작된 면광원을 측정하는 모습을 보여주고 있다. 이렇게 원하는 측정 Point를 측정한 후 측정 부위의 최고 휘도와 최저 휘도의 정도인 휘도 균일도를 산출할 수 있다. 본 논문에서 휘도 균일도 산출 공식은 식(2)와 같다.

$$\text{휘도균일도} = \frac{\text{최저휘도}_{9\text{Points}}}{\text{최고휘도}_{9\text{Points}}} \times 100 \quad (2)$$

색좌표는 CIE 좌표상의 어느 점에 색상이 위치하는가를 판가름하는 수치로서 이 수치를 통하여 우리가 원하는 색상이 표출되고 있는지를 평가할 수 있다.

Table 2에서는 본 논문의 백라이트와 이를 이용한 LCD Module의 광 특성을 위와 같은 방식으로 측정한 결과를 보여주고 있다. 대부분의 LCD Module의 사양은 휘도 500 cd/m² 이상, 휘도 균일도 75% 이상, 색좌표는 Wx=0.280±0.03, Wy=0.290±0.03이므로, Table 2와 같이 본 논문에서 제작한 백라이트의 광특성 평가에서 휘도, 휘도 균일도 및 색좌표 부분에서 모두 사양에 만족하는 것을 볼 수 있다. 그러므로 휘도 측정기가 휘도 측정 System을 이용한 백라이트의 광 특성 평가를 통하여 본 논문에서 설계하고 제작한 백라이트의 광 특성이 LCD TV에서 요구하는 주요 광 특성을 만족하는 것으로 평가할 수 있었다.

4. 결 론

본 논문에서는 면광원 및 면광원을 이용한 LCD TV용 백라이트의 특성에 대하여 연구하였다. 면광원을 이용한 백라이트의 휘도 균일도는 사용된 면광원의 채널 형상에 따라 변함을 Optical Simulation을 통하여 알 수 있었다. 특히 Optical Simulation을 통하여 백라이트의 휘도 균일도에 대하여 분석한 결과를 바탕으로 백라이트의 휘도 균일도

Table 2. Optical characteristics of FFL backlight

| Items | | Backlight Unit | LCD Module |
|---------------------------------|---------|----------------|------------|
| Power Consumption [W] | | 111.7 | 109.5 |
| Brightness [cd/m ²] | Maximum | 10,480 | 576 |
| | Average | 9,525 | 524 |
| | Minimum | 8,716 | 483 |
| Uniformity [%] | | 83.2 | 83.9 |
| Color Coordinates | Wx | 0.2612 | 0.2896 |
| | Wy | 0.2455 | 0.3032 |

를 향상시킬 수 있는 면광원의 채널 형상은 기본적으로 타원형 구조이었으며, 채널의 높이는 4.4 mm이었다. 면광원의 채널과 채널 사이의 실링 폭은 금형으로 제작 가능한 최소 길이인 1.4 mm로 확정하였다. 이와 같은 채널형상을 갖는 면광원을 제작하여 LCD TV용 백라이트를 제작한 후 LCD Module의 휘도를 측정 한 결과 576 cd/m²의 휘도를 얻을 수 있었다.

참고문헌

1. D.H. Gill, H.S. Song, J.H. Kim, S.J. Kim, S.B. Kim, T.Y. Kim, D.G. Yu, J.H. Koo, E.H. Choi and G.S. Cho, "The Lifetime and Pinholes in the External Electrode Fluorescent Lamps", SID 05 DIGEST, 1312~1315 (2005).
2. 임성규, "액정 디스플레이 백라이트", 단국대학교 출판부(2005)
3. J.W. Hur, T.J. Kim and S.K. Lim, "Flat Panel Light Source and High Power Inverter for LCD Backlight Application", SID 00 DIGEST, 1033~1035(2000).
4. 이원철, "TFT-LCD용 직하방식 Backlight Unit 기술 개발에 관한 연구", 통상산업부 (최종보고서)(1996).
5. 김차연, "Back Light Unit(BLU)기술 동향", 전자 디스플레이 제 6권 5호(2000).
6. Jeong-Wook Hur, Jong-Lee Park, Hwan-Woong Lee and Sung-Kyoo Lim, "External Electrode Fluorescent Lamp, Back Light Unit using the External Electrode Fluorescent Lamp, LCD Back Light Equipment using the Back Light Unit and Driving Device Thereof", Patent Number:US2004/0232853(2004).
7. Mark D. Winsor, "Stamped Metal Fluorescent Lamp and Method for Making", Patent Number:US5, 509, 841 (1996).
8. 강경래, "반도체 · LCD 장비 장비 기업", 디지털 타임스(2006).
9. Breault Research Organization, Inc, "ASAP (Advanced System Analysis Program) Advanced Tutorial", Breault Research Organization(1997).
10. Breault Research Organization, Inc, "ASAP Reference Guide", Breault Research Organization(1997).
11. 류용근, "라이노 3D", 사이버 출판사(1999).
12. H.Noguchi, "A High-Efficiency Cold-Cathode Fluorescent Lamp for a Backlighting Unit", SID 98 DIGEST, pp.243-246(1998).