

# LCD-TV용 백라이트 광학시트의 휘도 정량화

정종문<sup>1</sup> · 김정현<sup>1</sup> · 신명주<sup>1</sup> · 이미란<sup>1</sup> · 정재윤<sup>1</sup> · 정희석<sup>2</sup> · 김진선<sup>2</sup> · 강준길<sup>1</sup> · 홍병희<sup>1</sup> · 조광섭<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>광운대학교 전자물리학과, 서울 139-701

<sup>2</sup>한국조명기술연구소, 부천 420-130

(2007년 11월 9일 받음)

32인치 WXGA급 (해상도 1366×768) LCD-TV용 백라이트를 구성하는 외부전극 형광램프 및 각 광학 부품들에 대한 휘도 특성을 조사하고, 광학시트들의 빛의 투과율을 계측하였다. 12등식과 18 등식의 백라이트에 대한 휘도 특성을 조사하였다. 휘도 균일도는 12등식 백라이트에서도 85 %의 휘도 균일도를 갖지만, 광학 부품들의 휘도 값과 백라이트의 효율은 18 등식의 백라이트에 비하여 낮다. 외부전극 형광 램프 12 등식과 18 등식의 백라이트에 대하여 램프의 휘도를 100 %로 규격화하면, 확산판, 확산시트, 프리즘시트 (BEF) 및 편광시트 (DBEF)의 상대 휘도는 램프의 휘도 값과 무관하게 정량화된다. 광학 부품의 상대 휘도 값은 12등식은 18등식보다 낮다. 백라이트의 휘도 100 %에 대한 액정 패널의 투과도는 DBEF와 BEF를 사용한 백라이트는 7.14 %, DBEF만을 사용하면 6.12 %, 그리고 BEF만을 사용하면 3.21 %이다. 본 실험에서 얻어진 광학 부품들의 상대 휘도의 정량화 데이터와 액정의 투과도는 백라이트 설계를 위한 기초 자료이다.

주제어 : LCD, 백라이트, 외부전극 형광램프, 광학시트, 휘도

## I. 소 개

액정표시 (LCD, Liquid Crystal Display)는 소형의 모바일폰과 노트북 컴퓨터에서 중형의 데스크탑 컴퓨터의 화면에 이르기까지 모니터 산업을 주도하고 있다. 최근에는 LCD-TV에 이르는 대형 화면으로 액정표시장치가 각광을 받기에 이르고 있다.

백라이트는 액정표시장치의 주요 부품이다. LCD는 자체적으로 발광하지 않고, 백라이트의 빛을 액정이 제어하여 화면을 형성하는 수동 발광장치이다. LCD-TV용 백라이트는 일반적으로 광원인 램프와 반사시트, 확산판, 확산시트, 그리고 프리즘 시트들로 구성된다. 램프는 백라이트 유닛을 통해 LCD 패널에 빛을 입사시키는 광원이다. LCD-TV용 백라이트는 냉음극 형광램프 (Cold Cathode Fluorescent Lamp, CCFL)와 외부전극 형광램프 (External Electrode Fluorescent Lamp, EEFL) [1-6]가 주로 사용된다. 백라이트는 선광원인 형광램프를 면광원의 형태로 변환하여 주는 기능을 하는 광학시트들이 사용된다. 광학시트들 중에 확산판과 확산시트는 램프에서 나오는 빛을 산란시켜 백라이트의 휘도 균일도를 높인다. 또한 프리즘 시트 (Prism Sheet)는 광향상 필름 (Brightness Enhancement Film,

BEF)으로서 확산판에서 산란되는 빛을 정면으로 모아 백라이트의 정면 휘도를 높이는 역할을 한다. 반사형 편광필름 (Dual Brightness Enhancement Film, DBEF)는 액정 패널의 편광판의 편광 방향과 동일한 편광을 백라이트 내부에서 반복적인 반사과정을 통하여 편광 방향을 변환하여 액정의 투과율을 높이는 기능을 한다.

본 연구의 목적은 LCD-TV용 백라이트와 광학부품들의 광학 특성을 조사하는 것이다. 그리고 이들과 관련된 기초적인 데이터를 제시하여 백라이트의 설계를 위한 기초 자료를 제공할 목적이다. 일반적으로 LCD-TV의 액정 화면의 목표 휘도는 백색 (full-white) 화면을 기준으로 약 500 cd/m<sup>2</sup>이다. 이와 같은 액정 화면의 휘도를 얻기 위하여 여러 가지의 문제가 주어진다. 액정의 목표 휘도를 위하여 백라이트의 휘도는 어느 정도의 값이 필요한가? 이러한 백라이트의 휘도를 위한 램프의 휘도는 얼마인가? 그리고 광학시트들의 배치와 램프 휘도는 어떤 관계가 있는가? 이와 같은 질문에 대한 값들은 백라이트의 디자인을 위한 기본 데이터들이다. 또한 LCD-TV용 직하형 백라이트의 램프의 배치 및 램프의 개수와의 관계도 필요하다. 특히, 백라이트의 면에서 램프의 휘선이 나타나지 않고, 휘도의 균일도가 보장되는 램프의 최소 개수는 얼마인지에 대한 정보도 필

\* [전자우편] gscho@kw.ac.kr

요하다. 이들과 관련된 데이터들은 광학 시트들의 기능을 이해하고 관련 광학부품의 개발을 위한 기초 자료로 활용될 수 있다. 또한, 본 연구는 백라이트의 휘도와 광학부품들의 광 투과율을 측정하여 백라이트 및 관련 부품을 평가하고 표준화에 필요한 데이터를 제공한다.

## II. Backlight Unit

본 연구는 32인치 LCD-TV용 (해상도 WXGA급, 화소 1366×768) 백라이트를 대상으로 한다. 램프의 수 12 등식과 18 등식의 백라이트를 조사한다. 32인치 백라이트는 초기에 18등식에서 현재는 주로 16 등식이 일반적이다. 최근에는 백라이트의 가격 절감을 이유로 12 등식을 채용하는 경우도 있다. 램프의 개수는 백라이트의 휘도 균일도가 보장되는 전제하에 그 수를 줄일 수 있으나, 램프 수의 감소는 단위 램프가 감당하는 전력과 휘도가 높아진다. 본 실험에서는 12등식과 18등식을 동일한 백라이트 하우징(Housing)에 배열하고 백라이트의 광특성을 확인한다.

그림 1은 32인치LCD-TV용으로서 가장 일반적인 광학 부품 시트를 배치한 백라이트의 단면도이다. 백라이트 하우징(housing) 내부의 밑바닥에 반사 시트가 있고, 그 위에 형광램프가 일정한 간격으로 배치된다. 램프 상단에 확산판이 있고, 확산판 위에 다수의 광학시트들이 배치된다. 램프 중심과 반사판의 간격은 5.5 mm이고, 램프와 확산판과의 간격은 14.5 mm, 전체 백라이트의 두께는 약 22 mm이다. 12 등식 백라이트의 램프 간격은 31.4 mm이고, 18 등식의 램프간 간격은 21 mm이다.

일반적으로 광학시트는 램프 위에 확산판 (Diffusion

Plate), 확산시트 (Diffusion Sheet), 그리고 2 장의 프리즘 시트 (prism sheet)들로 배열되어 있다. 프리즘 시트는 광향상필름 (BEF, Brightness Enhancement Film)과 반사형 편광시트인 이중 광향상필름 (DBEF, Dual Brightness Enhancement Film)이 사용된다.

현재 일반적으로 사용되는 형광램프는 냉음극 형광램프(CCFL)와 외부전극 형광램프 (EEFL)가 있다. 본 연구에서는 광원으로서 CCFL이나 EEFL의 실험적인 차이는 없으나, 향후 대면적 백라이트에 일반적으로 사용될 EEFL을 실험 대상으로 한다. 실험에 사용된 백라이트는 화면의 크기 0.702×0.398 [m<sup>2</sup>]이고, 램프의 수는 12 등식과 18 등식을 조사 대상으로 한다. 광학시트의 배열은 그림 1과 같이 상용화된 제품의 일반적인 배열이다. EEFL은 램프 길이 738 mm, 직경 4 mm, 두께 0.5 mm인 유리관을 사용한다. 또한 램프의 외부전극의 길이는 23 mm이다.

확산판은 광 투과율이 우수하고 가격이 저렴한 PMMA (Polymethyl Methacrylate)소재이며, 램프 위에 위치하여 광학시트를 지지하는 역할을 한다. 또한 확산시트와 함께 입사되는 빛을 확산, 산란시켜 백라이트 휘도를 균일하게 한다. 확산판의 두께는 2 mm이다. 램프에서 나오는 빛이 확산판과 확산시트를 통과하는 과정에서 면에 수직 및 수평 방향으로 빛이 산란되므로 확산시트 면의 휘도는 램프 휘도에 비하여 크게 낮아진다.

BEF는 폴리에스테르를 주 재료로 사용하며, 약 100 μm의 폴리에스테르 필름에 마이크로 구조의 프리즘이 설치된 구조이다. 일반적으로 프리즘 크기는 높이가 25 μm, 산의 너비 31~50 μm이고, 각도 90°의 프리즘 각을 갖는다. BEF의 기능은 확산판과 확산시트로부터 나오는 빛을 출광면 정면방향으로 집속하여 백라이트 정면방향으로의 휘도를

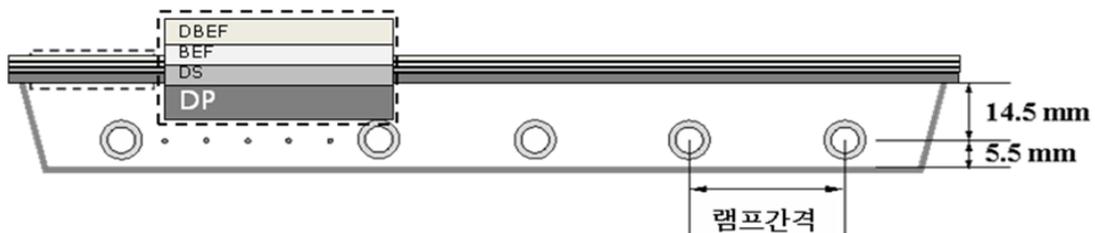


그림 1. 32인치 LCD-TV용 직하형 백라이트의 단면도. 12 등식의 램프 간격은 31.4 mm, 18 등식은 21 mm. 램프로부터 확산판까지의 거리는 14.5 mm, 반사판까지의 거리는 5.5 mm. DP는 Diffusion Plate, DS는 Diffusion Sheet, BEF는 Brightness Enhancement Film, DBEF는 Dual Brightness Enhancement Film이다.

증대한다.

DBEF는 BLU에서 출사되는 빛이 액정부의 편광판과 동일한 방향으로 편광되게 한다. 일반적으로 BLU에서 방출한 편광되지 않은 빛의 약 50%는 액정부의 입사편광판에서 흡수되어 손실된다. 그러나 BLU에서 방출한 빛이 액정의 편광판과 동일한 방향으로 편광된 빛은 대부분 액정을 통과한다. 따라서 DBEF는 액정부 입사편광판의 편광방향과 맞는 빛을 출사시키고, 액정부 입사편광판의 편광방향과 다른 빛은 BLU 공간 내에서 다시 반사되어 DBEF에 도달한다. 이때 반사되어 되돌아온 빛은 편광 방향이 바뀌어서 액정 패널의 편광판과 동일한 방향의 편광이 된다. 따라서 백라이트 내부에서 되돌아온 빛은 액정을 통과한다. 일부의 빛이 액정의 편광판과의 편광과 다른 빛은 다시 백라이트 내부에서 반사과정을 거치고, 이러한 과정이 반복되어 액정 패널의 빛의 투과율과 휘도를 증대시킨다.

### III. 실험

백라이트를 구성하는 광학 부품인 광원과 광학시트의 특성을 조사하기 위하여 광원에서 방출한 광이 각 부품들을 통과하여 얻어지는 휘도 변화를 측정한다. 3-1) 절에서는 형광 램프 12 등식과 18 등식에 대한 광학 부품별 휘도 변화와 백라이트의 균일도를 확인한다. 3-2) 절에서는 광학시트들의 광의 투과율과 손실률을 측정하는 방법을 제시한다.

#### 3.1. 백라이트 광학 부품의 휘도 변화

백라이트의 광원인 램프의 휘도와 램프로부터 방출한 빛이 각 부품을 통과하여 얻어지는 휘도 변화를 측정한다. 12 등식과 18 등식의 32인치용 백라이트의 발광을 위해서는 100 W 이상의 대용량의 인버터가 필요하다. 본 실험은 백라이트의 광학적인 특성의 조사이므로 인버터의 영향은 조사 대상이 아니다. 이 실험에서는 입력 전력의 변화에 대하여 구동 조건이 크게 변하지 않는 자력식 push-pull형의 인버터를 사용하였다. 인버터의 구동 주파수는 60~70 kHz의 범위이다. 본 실험에서는 Photo Research의 PR-705를 사용하여 광특성을 확인하였다.

램프의 개수가 12 개일 때, 램프 간격이 31.4 mm로 넓

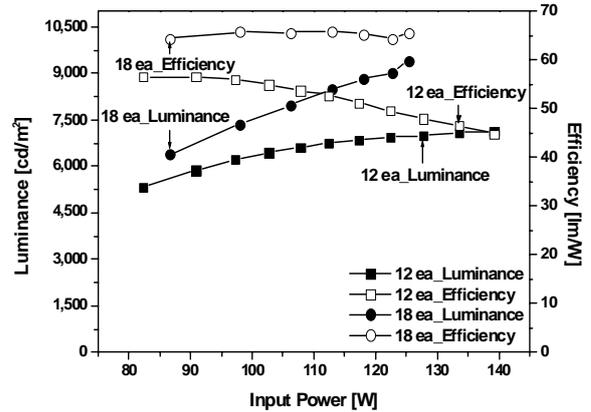
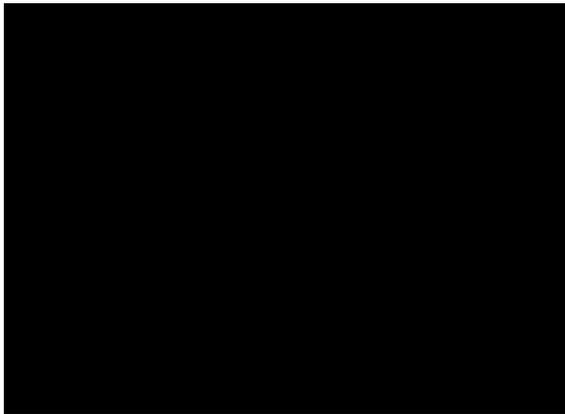


그림 2. 32인치 12등식과 18 등식 백라이트의 입력 전력에 대한 휘도 및 효율 변화

지만, 백라이트의 표면에서 램프의 휘선이 나타나지 않으며, 육안으로 휘도 불균일을 구분할 수 없다. 휘도 균일도는 백라이트의 특정 위치들의 휘도를 측정하여 최대 휘도값에 대한 최소 휘도값의 비율로 나타낸다. 12 등식의 백라이트에서 패널 전체의 25지점의 휘도를 측정된 결과 85%의 균일도를 얻는다. 18 등식의 백라이트에서는 약 90%의 균일도를 갖는다.

그림 2는 12 등식과 18 등식 백라이트를 입력 전력을 변화하여 휘도와 효율의 변화를 나타내었다. 12 등식의 백라이트의 측정 결과는 사각형 (휘도: ■, 효율: □)으로 나타내었고, 18 등식은 원형 (휘도: ●, 효율: ○)으로 나타내었다. 입력 전력 (80~140 W)의 증가에 대하여, 12 등식의 백라이트의 휘도는 5,300~7,200 cd/m<sup>2</sup>와 같이 증가하며, 백라이트의 효율은 55 lm/W에서 45 lm/W로 감소한다. 18 등식의 백라이트는 입력 전력 (85~125 W)의 증가에 대하여, 백라이트 휘도가 6,500~9,500 cd/m<sup>2</sup>로 증가하고, 효율은 약 65 lm/W로 거의 일정하다. 12 등식에 비하여 18 등식의 백라이트에서 고 휘도의 달성이 더 용이하며, 효율도 10~20 lm/W만큼 더 높다. 이는 12 등식 백라이트의 램프 간격이 18 등식보다 커서 백라이트에서 동일 휘도를 얻기 위해서는 램프의 휘도를 높여야 하기 때문이다.

서론에서 기술한 바와 같이, 액정 화면의 목표 휘도 약 500 cd/m<sup>2</sup>의 달성을 위하여, 일반적으로 그림 1의 광학시트를 모두 채용한 백라이트의 휘도는 약 7,000 cd/m<sup>2</sup>이 필요하다. 따라서 12 등식 백라이트는 입력 전력 110 W에서 휘도 7,000 cd/m<sup>2</sup>을 얻고, 이때의 램프 휘도는 약 30,000



a) 12-EEFLs



b) 18-EEFLs

그림 3. 입력 전력에 따른 백라이트의 램프 및 광학시트 별 휘도 변화. 12 등식의 백라이트의 결과는 a)이고, 18등식의 결과는 b)이다.

cd/m<sup>2</sup>이다. 램프 수 18개인 백라이트의 목표 휘도 7,000 cd/m<sup>2</sup>를 얻기 위하여, 입력 전력 90 W와 램프 휘도 22,600 cd/m<sup>2</sup>가 필요하다. 이때의 백라이트 효율은 각각 52 lm/W과 62 lm/W이며, 18 등식이 12 등식에 비하여 효율이 약 10 lm/W 더 높다. 즉, 램프의 수가 많은 쪽이 전력 소모가 작고, 백라이트의 효율이 다소 높다.

그림 3은 백라이트 광원 및 각각의 시트를 투과한 휘도 변화이다. 광원 (EEFL)으로부터 확산판 (DP), 확산시트 (DS), 프리즘시트 (BEF, DBEF)들을 순서대로 광이 통과한 휘도의 변화를 나타내었다. 특정 입력 전력에 대하여 각각의 휘도를 나타내었다: 램프 휘도 (□), DP (▼), DP + DS (▲), DP + DS + BEF (●), DP + DS + BEF + DBEF (■), 그리고 DP + DS + DBEF (◆). 입력 전력 65~145

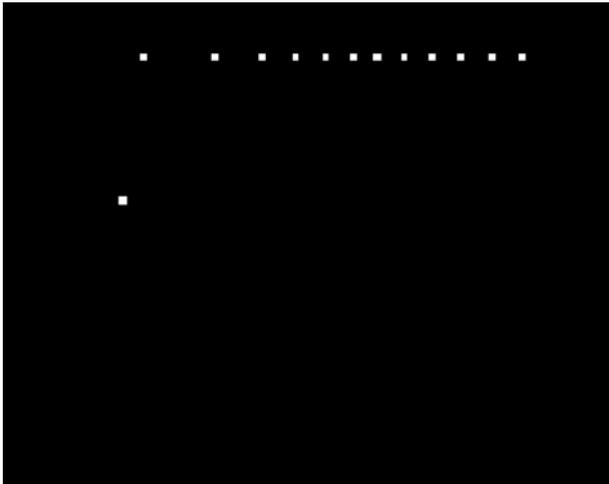
W의 변화에 대하여, 각 부품들의 휘도가 거의 선형적으로 증가한다. 램프 위의 확산판의 휘도는 12등식의 경우 30 %, 18등식에서는 40 %로 감소한다. 확산판 위에 확산시트의 사용으로 휘도는 13 % 증가한다. 확산시트 위에 추가로 BEF를 사용하면, 휘도는 18 % 증가한다. BEF를 제거하고 DBEF만을 사용하면 휘도는 가장 낮다. 이는 BEF와 DBEF를 동시에 사용할 때의 휘도와 비슷하다. 따라서 각 부품의 휘도는 DP+DS+BEF의 휘도가 가장 높고, DP+DS+DBEF와 DP+DS+BEF+DBEF의 휘도가 가장 낮다.

그림 3-a)의 12등식 백라이트의 경우, 광학시트를 모두 사용했을 때의 휘도는 7,000 cd/m<sup>2</sup>이고, 이때의 램프 휘도는 약 30,000 cd/m<sup>2</sup>이다. 램프 위에 확산판을 사용하면 휘도는 9,000 cd/m<sup>2</sup>로 감소하고, 그 위에 확산시트를 놓으면 휘도는 10,200 cd/m<sup>2</sup>로 증가한다. 확산판과 확산시트 위에 BEF를 놓으면 12,000 cd/m<sup>2</sup>로 증가한다. 최종적으로 DBEF의 휘도는 7,000 cd/m<sup>2</sup>로 BEF의 휘도에 비하여 약 58% 낮아지는 것이 특징이다.

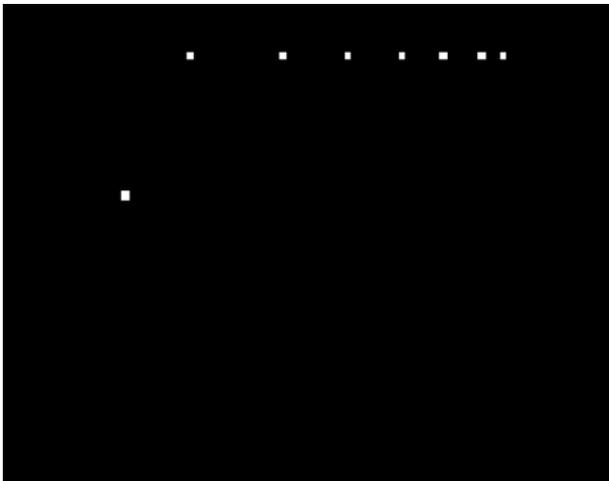
그림 3-b)의 18등식 백라이트의 경우, 광학시트를 모두 사용했을 때의 휘도가 7,000 cd/m<sup>2</sup>일 때, 램프의 휘도가 22,600 cd/m<sup>2</sup>이다. 램프 위에 확산판을 놓으면 휘도는 9,000 cd/m<sup>2</sup>로 감소하고, 그 위에 확산시트를 놓으면 휘도는 10,200 cd/m<sup>2</sup>로 증가한다. 확산판과 확산시트 위에 BEF를 놓으면 12,000 cd/m<sup>2</sup>로 증가한다. DBEF의 휘도는 BEF의 휘도의 약 58 %의 값을 갖는다.

그림 3의 결과에서 램프의 휘도를 100 %로 하고, 각 광학시트의 상대 휘도를 그림 4에 나타내었다. 그림 3에서 입력 전력에 대하여 램프 휘도와 각 시트들에서의 휘도의 증가율이 일정하므로, 그림 4와 같이 입력 전력에 관계없이 램프 휘도에 대한 각 시트에서의 상대 휘도가 모두 일정한 값을 나타내는 것이 특징이다.

그림 4-a)에서, 12 등식의 백라이트는 램프 휘도 100 %에 대하여 모든 광학시트를 사용했을 때의 백라이트 휘도는 램프 휘도의 23 %가 된다. 램프 위에 확산판을 놓으면 확산판의 휘도는 램프 휘도의 30 %가 된다. 확산판 위에 확산시트를 놓으면 확산시트면의 휘도는 34 %로 상승한다. 그 위에 BEF를 사용하면, 백라이트의 정면에서 측정된 휘도는 램프 휘도의 40 %이다. DBEF의 휘도는 BEF 휘도의 약 58 %이다. BEF를 제거한 백라이트의 휘도는 램프 휘도에 대하여 상대 휘도가 23 %로서 광학시트를 모두 사용하였을 때의 상대 휘도와 비슷하다.



a) 12-EEFLs



b) 18-EEFLs

그림 4. 입력 전력에 따른 램프의 휘도 100 %에 대한 광학시트 별 상대 휘도

그림 4-b)의 18 등식 백라이트는 (램프의 간격 21 mm) 램프 휘도 100 %에 대하여 각 광학시트를 통과할 때마다

각 부품 위의 상대 휘도는 12 등식의 각 상대 휘도보다 더 높다. 램프 위에 확산판을 놓으면 램프 휘도의 40 %가 되고, 그 위에 확산시트를 놓으면 46 %로 휘도는 상승한다. 확산판과 확산시트 위에 BEF를 놓으면 백라이트의 정면 휘도는 53 %이다. BEF위에 DBEF를 사용하면 램프 휘도의 31 %가 된다. 즉, DBEF의 휘도는 BEF의 휘도의 약 58 %이다. 또한 BEF를 제거한 백라이트의 휘도는 램프 휘도에 대하여 상대 휘도가 31 %로 BEF위에 DBEF를 사용했을 때와 같다.

그림 5는 램프의 휘도를 100 %로 하여, 각 광학시트와 최종 액정 패널을 통과할 때의 상대 휘도 값을 도식으로 나타낸 것이다. 액정 패널을 통과하기 전까지의 데이터는 그림3과 그림 4의 결과이다. 액정 패널은 32인치 LCD-TV이며, 해상도는 가로 1366 × 세로 768 인 WXGA급이다. 백라이트의 광학시트는 DP, DS, BEF, 그리고 DBEF이다. 백라이트 위에 액정 패널을 검은 색의 LC로 나타내었다. 각 시트의 배열별로 상대 휘도를 12등식과 18등식에 대하여 각각 음영 화살표와 흰색 화살표의 높이와 상대 휘도 값을 화살표 상단에 나타내었다.

12등식에서는 램프 휘도 100 %, 확산판 (DP)의 휘도 30 %, 확산시트 (DS)의 휘도 34 %, BEF 휘도는 40 %, DBEF는 23 %이다. DBEF 위에 액정 패널 (LC)를 놓으면, 백색 화면의 상대 휘도는 1.67 %이다. 이 값은 백라이트의 휘도 100 %에 대하여 액정 패널의 투과율이 7.14 %에 해당한다. 그림 5의 우측 그림에서 DBEF를 제거하고 BEF만을 사용한 패널의 경우, 액정 패널의 상대 휘도는 1.28 %이다. 이때 BEF에서 방출하는 광에 대하여 액정 패널에서의 투과율이 3.21 %가 된다. 백라이트의 BEF를 제거하고 DBEF만을 사용한 경우, 램프에 대한 액정상의 상대 휘도는 1.43

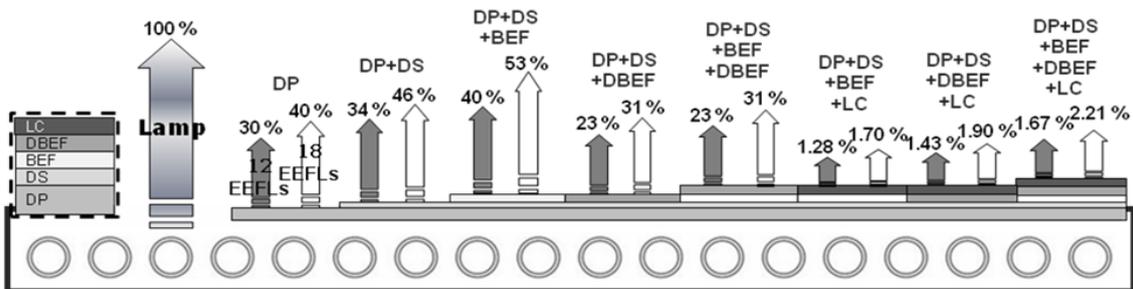


그림 5. 백라이트의 광학시트 (DP, DS, BEF, DBEF)와 액정 패널 (LC)에 대한 휘도의 정량화. 12 등식 (음영 화살표)과 18 등식 (흰색 화살표)의 백라이트에서 램프 휘도 100 %에 대한 각 광학 시트 및 액정 패널의 상대 휘도 값

%이다. 이 값은 DBEF에서 방출되는 광에 대하여 액정 패널의 투과율은 6.12 %를 나타낸다.

18 등식에서 램프 휘도 100 %에 대하여, 확산판 휘도 40 %, 확산시트 휘도 46 %, BEF 휘도 53 %, BEF+DBEF 휘도 31 %, 그리고 액정 패널의 휘도는 2.21 %이다. BEF만을 사용하는 백라이트에서의 액정 패널의 상대 휘도는 1.70 %이다. 즉, 백라이트에 대한 액정 패널의 투과도는 BEF+DBEF의 경우는 7.14 %이고, BEF의 경우 액정의 투과도는 3.21 %이다. BEF를 제거하고 DBEF만을 사용한 백라이트에서 액정 패널의 상대 휘도는 1.90 %로 백라이트의 액정 투과율은 6.12 %이다.

결과적으로 백라이트의 광학 시트 배치에 따른 액정 투과율은 다음과 같다. BEF+DBEF인 백라이트에서 액정의 투과율은 7.14 %이다. 이는 BEF+DBEF의 휘도 7,000 cd/m<sup>2</sup>에 대하여 액정 패널의 휘도 500 cd/m<sup>2</sup>의 비율이다. BEF를 제거한 백라이트의 액정 투과율 6.12 %는 BEF를 제거한 백라이트의 DBEF 상의 휘도 7,000 cd/m<sup>2</sup>에 대하여 액정 패널의 휘도는 428 cd/m<sup>2</sup>이다. DBEF를 제거하고 BEF만을 사용한 백라이트에 대한 액정 패널의 투과도 3.21 %는 BEF 상의 휘도 12,000 cd/m<sup>2</sup>에 대하여 액정 패널의 휘도 385 cd/m<sup>2</sup>의 비를 갖는다.

위와 같이 BEF와 DBEF를 사용하면 액정 패널의 투과도는 약 7.14 %이며, DBEF를 제거하고 BEF만을 사용한 백라이트는 약 3.21 %, 그리고 BEF를 사용하지 않고 DBEF만을 사용하면 6.12 %이다. 따라서 액정의 백색 휘도를 500 cd/m<sup>2</sup>을 얻기 위하여, BEF+DBEF를 사용하면 백라이트 휘도는 약 7,000 cd/m<sup>2</sup>이 요구되고, 각각의 램프 휘도는 12등식에서는 약 30,000 cd/m<sup>2</sup>, 18 등식에서는 약 22,600 cd/m<sup>2</sup>이 필요하다. BEF만을 사용하는 경우는 백라이트의 휘도가 약 15,600 cd/m<sup>2</sup>이 되어야 하며, 이 값을 얻기 위하여 12등식의 램프 휘도는 약 38,900 cd/m<sup>2</sup>, 18등식에서의 램프 휘도는 약 29,400 cd/m<sup>2</sup>가 요구된다. 또한 BEF를 제거하고 DBEF만을 사용한 백라이트의 액정 투과율은 6.12 %이고, 이를 고려하면 액정 화면의 휘도 500 cd/m<sup>2</sup>을 위하여 DBEF 상의 휘도는 8,200 cd/m<sup>2</sup>이 요구된다. 이 값을 위하여 12등식의 램프는 약 35,500 cd/m<sup>2</sup>, 18 등식에서는 26,400 cd/m<sup>2</sup>의 램프 휘도가 요구된다. DBEF를 사용한 백라이트에서 BEF를 사용한 백라이트보다 램프의 요구 휘도가 약 3,000 cd/m<sup>2</sup> 낮다.

### 3.2. 광학시트 별 투과율 측정

본 절에서는 백라이트에 사용되는 광학시트의 광의 투과율을 측정하는 방법을 소개한다[7-8]. 각 광학시트의 투과율을 측정함으로써 광학시트 각각의 광학특성을 평가하고 32인치 LCD-TV용 EEFL 백라이트에 사용되는 광학시트의 투과율을 제시한다.

투과율을 측정하는 방식에는 Single Beam 방식과 Double Beam 방식이 있다. Single Beam 방식은 sample Beam만을 사용하여 측정하는 방식이며, 단순히 sample에 빛을 투과시켜 입사된 빛의 양과 투과된 빛의 양을 별도로 측정하여 두 값을 비교하는 방식이다. 이 방식의 경우 sample에 입사되는 빛을 측정할 때와 sample을 투과하는 빛을 측정할 때의 환경변화에 의하여 정확한 결과를 얻기 어렵다. 따라서 Reference Beam을 이용하여 환경변화에 따른 측정 오차를 줄여주는 Double Beam 방식으로 측정하는 것이 더 정확한 계측 방법이다. 본 실험에서도 Double Beam 방식을 사용하여 광학시트의 투과율을 측정한다.

그림 6은 광학시트의 투과율을 측정하는 시스템의 개략도이다. 본 실험에서는 중수소 램프를 광원으로 사용하였다. 사용된 적분구의 크기는 110 mm로 내부에는 입사된 빛의 완전 확산을 위해 반사율이 0.95인 PTFE (Poly TetraFluoroEtylene)로 코팅되어 있다. 광원으로부터 발생된 빛은 초당 30회전하는 디지털 토막기(chopper)를 통해 Sample Beam과 Reference Beam으로 나뉘어진다. 분리된 Reference Beam은 Diffuser를 투과하여 적분구로 입사된다. 한편 Sample Beam은 오목거울(Mirror1과 Mirror2)에 반사되고 Offset lens를 투과하면서 Beam이 적분구 안으로 입사할 수 있도록 집속(focusing) 된다.

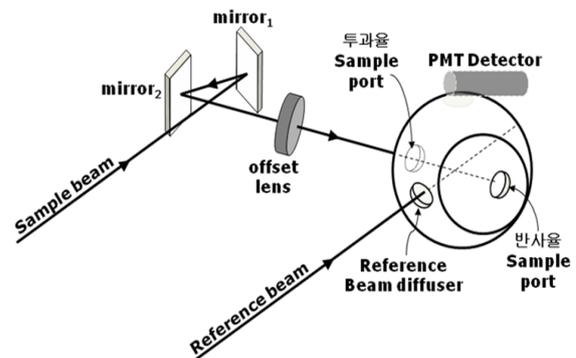


그림 6. 광학시트의 투과율 및 반사율의 계측 기구의 개략도

Offset lens는 적분구에서 Mirror 2쪽으로 반사되는 빛을 차단해줌으로써 정확한 측정을 할 수 있도록 한다. 적분구로 입사된 빛은 완전 확산되어 PMT (Photomultiplier Tube) Detector에 의하여 측정된다. 투과율 측정 시, 그림 5의 투과율 Sample Port에, 반사율 측정 시에는 적분구 내부의 반사율 Sample Port에 광학 시트를 위치시킨다. 또한, 투과율 및 반사율을 측정할 때, Sample Port에 Sample을 놓지 않고 대기상태에 빛을 투과시켜 Baseline을 정한다. 이 Baseline을 기준으로 측정된 투과율과 반사율을 보정한다.

표 1은 광학시트 별 (sheet itself) 투과율과 확산판, 확산시트, 그리고 BEF와 DBEF순으로 적층시키면서 (sheet assembly) 투과율을 측정한 결과이다. 백라이트에 놓여있는 상태의 광의 투과 방향을 순방향 (forward)으로 하고, 시트를 뒤집은 놓은 방향을 역방향 (backward)으로 하여 각각의 투과율을 측정하였다. 순방향 투과율의 측정은 램프에서 출광되는 빛이 광학시트를 거치면서 변화하는 빛의 양을 측정하기 위함이고, 역방향의 투과율 측정은 편광 시트에서 반사되어 다시 광학시트를 거치는 빛의 손실을 확인하기 위함이다.

표 1. 광학시트 별 투과율

	Sheet Itself		Sheets Assembly	
	Forward	Backward	Forward	Backward
DP	56.7 %	58.1 %	56.7 %	58.1 %
DS	63.7 %	96.5 %	50.7 %	30.2 %
BEF	95.0 %	13.8 %	44.2 %	24.2 %
DBEF	59.0 %	65.5 %	29.3 %	14.3 %

확산판에서 투과율이 순방향이 56 %, 역방향이 58 %로 비슷한 값을 갖는다. 확산시트에서는 순방향이 64 %, 역방향은 96.5 %이며, 역방향의 반사율이 상대적으로 더 크다. BEF는 순방향의 투과율이 98 %, 역방향이 13.8 %로 차이가 크다. 이는 프리즘 시트에서는 빛의 입사각에 따라 전반사 되는 빛의 양이 달라지기 때문이다. DBEF는 순방향의 투과율이 59 %, 역방향이 65.5 %이며, 역방향이 다소 큰 값이다. 광학시트를 배치 순서대로 적층하며 투과율을 측정하면, 확산판 56.7 %, 확산시트 50.7 %, BEF 44.2 %, DBEF 29.3 %이다. 적층된 광학시트 역방향 투과율은 14.3 %로 순방향의 29.3 % 보다 15 % 낮다.

3-1절에서 계측한 18등식의 백라이트의 광학시트 적층

순서에 대한 램프 휘도 100 %에 대한 상대 휘도 변화는 확산판 40 %, 확산시트 46 %, BEF 53 %, DBEF 31 %이다. 확산판의 휘도 값 40 %는 확산판의 투과율 56.7 %보다 작다. 이는 차이 값 16.7 %가 확산된 광으로 해석된다. 확산시트는 반사율이 96.5 %로 큰 값은 백라이트에서 상단에서 반사된 빛이 하단으로 재 입사되는 효과를 크게하며, 이로 인하여 확산시트의 휘도가 46 %로 증가하는 것으로 해석된다. BEF는 집광성에 의하여 투과도가 95 %이다. DBEF는 역방향의 투과도가 높은 특징이 있다. 이는 액정 패널의 편광판을 투과하지 못하고 백라이트로 반사되는 빛의 재사용할 수 있는 효과를 갖는다. 적층된 시트의 최종 투과율에 의하면 빛의 손실율은 70.3 %이다. 그러나 실제 백라이트 상에서 각 시트들을 투과하여 방사하는 빛의 양을 측정하면 광 손실은 70.3 % 보다 훨씬 작을 것이다. 이는 백라이트에서는 각 시트들을 투과하지 못하고 반사된 빛들이 백라이트 내에서 recycling되어 다시 시트를 통과하여 백라이트 휘도를 증가시키기 때문이다.

#### IV. 결 론

LCD-TV용 백라이트를 구성하는 광원과 광학 부품에 대한 휘도 특성을 조사하였다. WXGA급 (화소 1366×768) 32인치 백라이트의 광원은 12 등식과 18 등식의 외부전극 형광램프 (EEFL)이며, 광학시트의 구성은 확산판 (DP)+확산시트 (DS)+광향상 필름 (BEF)+반사형 편광 필름 (DBEF)이다. 12 등식 백라이트의 휘도 균일도는 85 %를 만족한다. 입력 전력 변화에 대한 백라이트의 효율은 12 등식에서 45~55 lm/W, 18 등식은 대개 65 lm/W이다. 따라서 백라이트에서 동일한 휘도를 얻기 위하여, 12 등식은 18 등식에 비하여 램프 휘도를 약 30 % 높여야 한다.

입력 전력에 대하여 광학시트들의 상대 휘도는 일정한 특성을 갖는다. 12 등식에서 램프 휘도가 100 %일 때, 확산판의 휘도는 30 %, 확산판 위에 확산시트를 더하면 휘도는 34 %, 그 위에 BEF의 휘도는 40 %, 그리고 DBEF의 상대 휘도는 23 %이다. 18 등식 백라이트에서 램프 휘도 100 %에 대하여, 확산판의 휘도는 40 %, 확산시트는 46 %, BEF의 상대 휘도는 53 %, 그리고 DBEF는 31 %로 정량화 된다.

BEF와 DBEF를 사용하는 백라이트에서 액정의 광투과

율은 7.14 %이고, BEF만을 사용하는 백라이트에서 액정의 광투과율은 약 3.21 %이다. 또한 BEF를 제거한 백라이트에서의 액정 투과율은 백라이트 광에 대하여 6.12 %이다. 따라서 액정의 백색 화면의 목표 휘도  $500 \text{ cd/m}^2$ 을 위하여, DBEF 사용한 백라이트의 휘도는 약  $7,000 \text{ cd/m}^2$ 이 요구되며, BEF만을 사용하면 백라이트 휘도는  $15,600 \text{ cd/m}^2$ 이 필요하다. 이를 위하여 램프의 휘도는 12 등식에서 DBEF를 채용할 때의 램프 휘도 (100 %)는 약  $30,000 \text{ cd/m}^2$ , BEF만을 사용하는 경우 램프 휘도는  $38,900 \text{ cd/m}^2$ 이 되어야 한다. BEF를 제거하고 DBEF를 사용하는 백라이트의 경우, 백라이트의 휘도는  $8,200 \text{ cd/m}^2$ 이 필요하고, 이때의 램프 휘도는  $35,500 \text{ cd/m}^2$ 이다. 18 등식에서는 DBEF사용 시 램프 휘도는  $22,600 \text{ cd/m}^2$ , BEF 만을 사용 시 램프 휘도는 약  $29,400 \text{ cd/m}^2$ 이 되어야 한다. 또한 BEF를 제거하고 DBEF를 사용하는 백라이트에서 요구되는 램프의 휘도는  $26,400 \text{ cd/m}^2$ 이다.

본 연구를 통하여 백라이트의 휘도 특성과 액정 패널과의 관계를 규명하였다. 이는 LCD 모듈의 휘도 설계를 위한 기초 자료로 활용할 수 있다. 즉, 액정 화면의 목표 휘도가 주어지면, 램프의 휘도와 시트 배열 방식에 따른 백라이트의 휘도를 결정한다. 또한, 본 연구는 광학시트들의 투과율 측정 방법을 제시하고, 각 광학시트의 투과율을 측정하였다. 광학시트의 휘도 특성과 투과율의 측정 방법은 백라이트 및 관련 부품의 개발과 평가 및 표준화의 자료로 활용될 수 있을 것이다.

## 감사의 글

본 논문은 2007년도 DMS의 BK 대응자금, 2007년도 광운대학교 교내연구비, 그리고 LGPHILIPS-LCD(주)의 지원으로 연구되었습니다. 또한, 본 연구는 표준협회 BLU 국제표준화 과제의 일환으로 연구되었습니다.

## 참고문헌

- [1] D. Joh, et al., ASID, Xi'an, P. R. China **470** (2000).
- [2] T. Cho, et al., Jpn. J. Appl. Phys. L **41**, 355 (2002).
- [3] T. S. Cho, et al., IEEE **5**, 2005 (2002).
- [4] G. S. Cho, et al., J. Phys. D: Appl. Phys. **36**, 2526 (2003).
- [5] G. Cho, et al., Journal of Phys D: Appl. Phys. **37**, 2863 (2004).
- [6] G. Cho, et al., IEEE Trans. Plasma Science **33-34**, 1410 (2005).
- [7] S. Y Kim, 한국안광학회 **2**, No. 1, pp. 91-95 (1997).
- [8] M. H. Jeong, et al., Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers **13**, No. 1, pp. 15-20 (1999).

## Luminance Normalization of Optical Sheets in a Backlight Unit for LCD-TVs

Jongmun Jeong<sup>1</sup>, Junghyun Kim<sup>1</sup>, Myeongju Shin<sup>1</sup>, Miran Lee<sup>1</sup>, Jaeyoon Chung<sup>1</sup>, Heesuk Jeong<sup>2</sup>,  
Jinsheon Kim<sup>2</sup>, Byeonghee Hong<sup>1</sup>, Junegill Kang<sup>1</sup> and Guangsup Cho<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>*Dept. of Electrophysics, Kwangwoon University, Seoul 139-701*

<sup>2</sup>*Korea Institute of Lighting Technology, Bucheon 420-130*

(Received October 11 2007)

Luminance properties of external electrode fluorescent lamps and optical components in backlight unit (BLU) and optical transmission rates of optical sheets, are investigated for LCD-TV of 32" in diagonal with WXGA level resolution (1366×768). The luminance is measured in 12-lamps and 18-lamps of BLU. The luminance uniformity preserves about 85 % in the 12-lamps backlight, while the luminance of optical components and the efficiency of backlight in the 12-lamps are lower than those in the 18-lamps backlight. When the lamp luminance in BLU having 12-lamps and 18-lamps is normalized as 100 %, the relative luminance of a diffusion plate, a diffusion sheet, a prism sheet (BEF), a polarization sheet (DBEF), has a constant value without dependence on a lamp luminance. The relative luminance of optical components in 12-lamps BLU is lower than that in 18-lamps backlight. The light transmission rate, the relative luminance of liquid crystal display panel with the luminance 100 % of backlight, is 7.14 % in the use of DBEF and BEF, 6.12 % in the use of only DBEF, and 3.21 % in the use of only BEF. Those Data obtained in this experiment for the lamps and optical components, are the design parameters for the LCD backlight.

Keywords : LCD, Backlight, EEFL (External Electrode Fluorescent Lamp), Optical sheet, Luminance

\* [E-mail] gscho@kw.ac.kr