

LCD 휘도 상승을 위한 양면 복합 플레이트 확산 패턴의 최적화 설계 Optimized Design of Double-sided Composite Plate for Enhancing the Brightness of LCDs

*오세원¹, #김남, 김은석², 안준원³

*S. W. Oh¹, #N. Kim(namkim@chungbuk.ac.kr), E. S. Kim², J. W. Ahn³

¹ 충북대학교 정보통신공학과, ²은성디스플레이(주), ³(주)엘엠에스 연구소

Key words : BLU, LGP, composite plate, double-sided

1. 서론

TFT-LCD(Thin Film Transistor Liquid Crystal Display)는 기존의 브라운관(CRT; Cathode Ray Tube)과 평판디스플레이인 PDP(Plasma Display Panel), OLED(Organic Light-Emitting Diode) 등과 달리 LCD에 의한 표시는 그 자체가 비 발광성이기 때문에 빛이 없는 곳에서는 사용이 불가능한 디스플레이 장치이다. BLU(Back-Light Unit)은 이러한 단점을 보완하기 위하여 LCD의 배면 혹은 뒤쪽에 위치하여 빛을 발산하는 광원으로써 LCD패널로 백색광을 공급해 주는 기능을 담당하는 장치이다.

BLU는 빛의 조사방식에 따라 크게 도광판(LGP; Light Guide Plate)의 한쪽 또는 양쪽에 광원을 두고 이 광원에서 나온 빛을 도광판에서 위로 조명하는 에지방식(edge type)과 도광판 없이 BLU 바로 아래에서 조명하는 직하방식(direct type)으로 구분된다. 전자는 주로 중소형 모니터, 노트북, 모바일 제품 등에, 후자는 대형 TV 등에 사용되었으나, LED의 발전으로 대형 TV에서도 에지방식의 BLU 채택이 늘어나고 있다. 그림 1은 일반적인 에지방식 BLU의 구조이다.

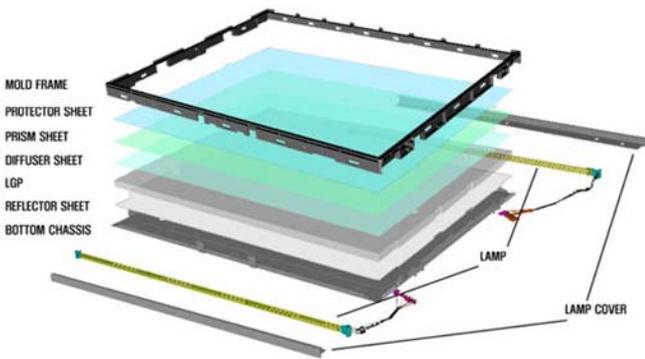


그림 1. 에지방식 BLU의 구조도

이러한 BLU에는 보통 다수개의 LED(light emitting diode), 도광판(LGP), 도광판 하부에 설치되는 반사판(reflector) 그리고 도광판 상부에 설치되는 기능성 광학소자인 확산판(diffusion plate)과 하나 또는 두 장의 프리즘시트(prism sheet) 등의 부품으로 구성된다. 특히 조명광이 패널 측면으로부터 공급되기 때문에 측면에서 공급되는 광을 패널 전면으로 전환시킬 수 있는 광학소재로 만들어진 도광판이 필요하다. 프리즘시트는 30% 이상의 휘도상승 효과를 나타내고, 정면 균일도를 향상시키는 장점을 갖고 있지만 매우 고가이기 때문에 최근에는 LCD 제품에 대한 저비용, 박형화를 구현하기 위해서 이를 대체할 수 있는 새로운 형태의 광학 패턴을 도광판 위에 형성시키는 복합 플레이트의 개발이 절실히 요구되고 있다.

본 논문에서는 현재 에지방식 BLU에 사용되고 있는 도광판의 균일도와 휘도를 향상시키기 위한 이중 구조 도광판의 구조적 설계에서 특성 파라미터를 고찰하고, 이를 적용하여 균일도가 개선된 도광판을 설계하였다.

도광판 설계에 있어, 상부와 하부에 2중 구조의 패턴을 갖도록 설계하였으며, 하부 패턴은 일반적인 프리즘 형태를 기초로 하여

패턴 사이의 간격을 조절함으로써 패널 전면으로 공급되는 광원의 균일도를 향상시킬 수 있는 구조를 도출하였다. 상부 패턴 역시 프리즘 형태를 기초로 하고 있으나, 일반 프리즘시트에서 발생하는 side lobe를 최소화하기 위하여 실린더형 렌즈의 형상을 갖는 이중 구조로 설계할 계획이다. 상부 패턴의 주요 특성 파라미터로는 프리즘의 밑변각인 프리즘 각(prism angle)과 실린더형 렌즈의 곡률반경이며, 하부 패턴의 주요 특성 파라미터로는 프리즘의 밑변각인 프리즘 각(prism angle)과 균일도를 위한 프리즘 사이의 간격으로, 각각의 값을 변화시키면서 공간휘도 분포와 각휘도 분포를 고찰함으로써 휘도개선의 주요 파라미터와 최적의 설계조건을 결정할 수 있다.

시뮬레이션에는 조명광학용 설계 프로그램을 사용하였으며, 균일도 분포를 측정하기 위해 각 광학소자의 크기를 100mm x 600mm로 제한하였다. 또한 광학필름의 소자로는 굴절률 1.51의 PMMA(polymethyl methacrylate)를 사용하였다.

2. 도광판 설계

이중 구조의 도광판 설계를 위해 에지방식의 BLU를 사용하였으며, 측면에서 입사되도록 반사판이 부착된 LED와 함께 BLU 아래부터 반사판, 이중 구조의 도광판, 확산판 그리고 프리즘시트의 순서로 배열하였다. 각 광학소자의 형상과 특성은 참고문헌 [1], [2]와 실측값을 참고하여 설계하였으며, 전체 크기는 가로 세로 각각 100mm x 600mm로 하였다.

확산판의 설계에는 상용 BLU에 사용되는 확산판의 광 분포를 측정 후 이 결과와 유사한 성능을 갖도록 수지의 굴절율과 bead의 밀도 값을 결정하였다. 광원으로는 균일한 휘도를 갖는 램버시안(Lambertian) 형태인 2mm x 4mm x 6mm의 LED 10개를 균일하게 배열하여 사용하였으며, 반사판, 확산판, 프리즘시트의 두께는 각각 0.25mm, 반사판으로부터 프리즘 시트까지의 전체 높이는 약 4.85mm가 되도록 설계하였다. 프리즘시트는 상용으로 쓰이는 DBEF(dual brightness enhancement film)을 사용하였다. 이렇게 설계된 BLU 도광판 구조물의 위치를 변형시키면서 시뮬레이션을 통해 그 결과를 분석하였다. 그림 2에 본 연구에서 수행한 에지방식 BLU의 시뮬레이션에 사용된 설계도면의 일부만을 나타내었다.

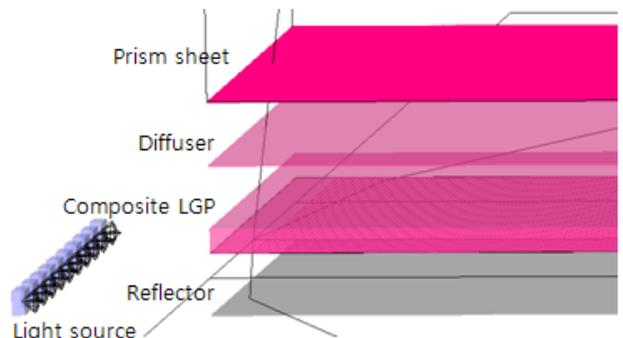


그림 2. 에지방식 BLU 설계도면

3. 시뮬레이션 결과

시뮬레이션을 실시하여 나온 raw data를 바탕으로 luminance raster chart를 이용하여 휘도와 균일도를 산출하였다. 표 1은 도광판의 하부 패턴으로, 균일한 피치간격을 갖는 1번 패턴에 대해 중심부의 광량을 증가시켜 균일도를 높이기 위해 패턴의 피치간격을 다르게 설계한 - 시뮬레이션에 사용한 - 샘플들이다. 여기서 2~6번의 각 샘플에 나타낸 값은 균일한 패턴의 경우 중심 부근에서 급격히 저하되는 균일도를 보상하기 위해 가우시안 분포를 갖도록 피치간격을 조정한 것으로, 최대 피치간격과 최소 피치간격을 나타낸다.

표 1. 샘플별 최대 피치간격과 최소 피치간격

Sample No.	Max. Pitch / Min. Pitch
1	Uniform
2	750 μ m / 700 μ m
3	750 μ m / 650 μ m
4	750 μ m / 600 μ m
5	750 μ m / 550 μ m
6	750 μ m / 500 μ m

그림 3은 각 샘플별 시뮬레이션 결과에서 나온 휘도 분포를 나타내고 있다. 샘플 1번은 균일한 피치간격을 갖는 것으로, 중심부로 갈수록 급격히 광량이 감소하여 균일도가 매우 좋지 않음을 나타내고 있다. 샘플 2~6번의 시뮬레이션 결과 피치간격의 최대값과 최소값을 증가시키면 어느 정도 균일도가 증가하다가 다시 감소하는 결과를 볼 수 있다. 따라서 피치간격의 조합으로는 균일도 확보에 한계가 있으며, 향후 피치의 크기와 모양 그리고 프리즘 각을 변화시키면서 균일도를 확보하는 패턴을 찾는 것이 요구된다. 그림 4와 5는 본 시뮬레이션에서 사용된 6개의 샘플 중 가장 균일도가 좋은 3번 샘플을 이용하여 설계된 에지방식 BLU의 휘도와 각도 특성그래프이다.

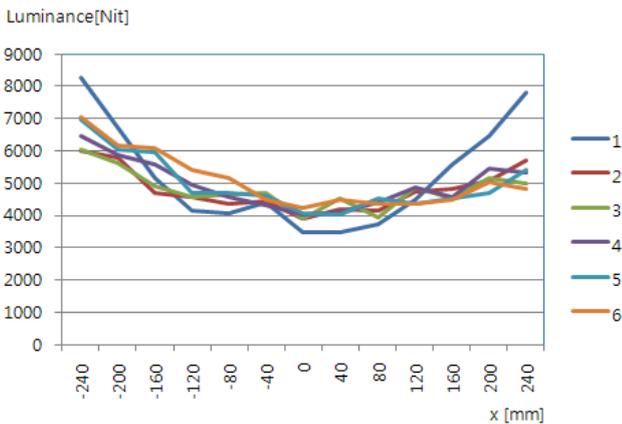


그림 3. 하부 피치간격 변화에 따른 휘도 분포

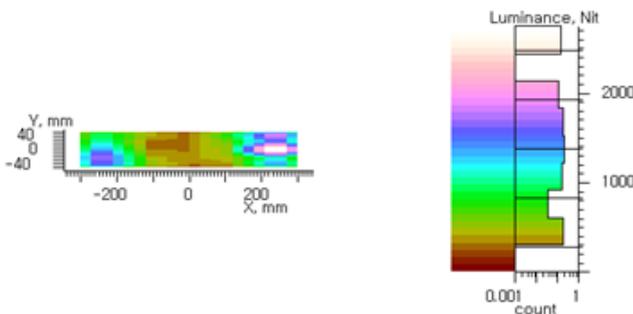


그림 4. 시뮬레이션 결과를 적용한 BLU의 휘도 특성그래프

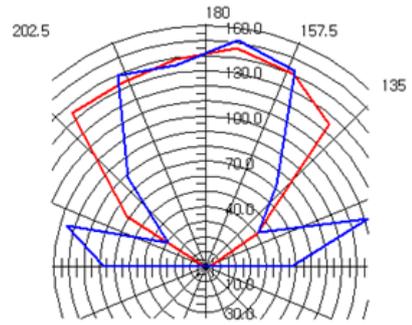


그림 5. 시뮬레이션 결과를 적용한 BLU의 각도 특성그래프

본 연구 결과는 에지방식 BLU를 위한 기초단계로 도광판 하부에 생성된 패턴을 이용하여 최대의 균일도를 갖도록 피치간격을 결정하기 위한 것이다. 최종 도광판의 결과는 아니지만 앞으로 하부 패턴의 피치 크기, 모양, 프리즘 각 그리고 상부 패턴의 모양을 변화시키면서 최적의 조건을 도출해나가면 우수한 성능을 갖는 양면 복합 플레이트의 설계가 가능할 것이다.

후기

본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가원 전략기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [10030830]

참고문헌

1. 최관민, "LCD TV BLU의 성능을 향상시키는 광학시트의 개발에 관한 연구", 국민대학교 대학원 석사학위논문, 78-90, 2004.
2. 장선영, 조재홍, 백승선, "직하형 Back Light Unit에 사용하는 변형 막대프리즘의 1차원 배열로 구성된 새로운 BLU 필름", 한국광학회지, 18, 401-409, 2007.
3. 신민영, 김은석, 김남, 심용식, 안준원, "직하형 BLU에서 휘도 상승을 위한 광학필름 설계", 한국정밀공학회 2009년도 춘계 학술대회논문집, 1043-1044, 2009.