

직하형 Back Light Unit에 사용하는 변형 막대프리즘의 1차원 배열로 구성된 새로운 BLU 필름

장선영 · 조재홍[†]

한남대학교, 광·전자물리학과
☎ 306-791 대전광역시 대덕구 오정동 133번지

백승선

대전보건대학 안경과학과
☎ 300-711 대전광역시 동구 가양2동 77-3번지

(2007년 10월 22일 받음, 2007년 11월 21일 수정본 받음)

액정 디스플레이에 사용하는 직하형 Back Light Unit(BLU)의 확산판과 프리즘판의 개수를 줄이면서도 성능을 개선한 새로운 일체형 복합필름을 제안하고 이들의 광학적 성능을 시뮬레이션으로 분석하였다. 막대 프리즘의 형태와 원통 렌즈 형태를 하나로 합친 복잡한 일차원 형태의 광학프리즘을 만든 후, 이를 연속적으로 배열하여 일체형 복합필름을 구성하였다. 일체형 복합필름의 성능은 조명계 프로그램으로 확인하여 최적의 구조를 정하였다. 이러한 최적 조건하에서 한 장의 일체형 복합필름을 사용하는 10인치 크기의 BLU에서 계산한 광효율은 53.5%이고, 광휘도 균일도는 83.5%였으며, 각도별 광휘도 분포인 배광곡선은 수직으로 90°이고 수평방향으로 112.5°이다. 그리고 이러한 설계로 새로운 일체형 복합필름을 제작하였다.

주제어 : Flat LCD Display, Back Light Unit, Prism Sheet, Diffuser Plate

I 서 론

최근 텔레비전이나 모니터에 사용하던 두껍고 무거운 음극선관(Cathode Ray Tube: CRT)형 디스플레이는 경박단소, 저소비전력, 초대형화 화면 등의 장점을 갖는 Liquid Crystal Display(LCD)를 비롯한 평판 디스플레이로 대체되어 간다. 특히 LCD의 경우, 기존의 LCD가 가지고 있었던 단점들은 거의 보완됨으로써 이제는 CRT와 비교할 때 거의 비슷한 수준의 디스플레이 성능을 보여주고 있다. 이러한 LCD의 광학적 성능을 보다 향상시키기 위해서는 LCD의 액정 모듈 후면에서 빛을 조사시키는 광원과 광원의 구동을 위한 전원 회로 및 균일한 평면광을 이루도록 해주는 Back Light Unit(BLU)의 역할이 중요하다. 그러므로 LCD의 성장과 더불어 CRT등의 다른 디스플레이 소자와의 시장 경쟁에서의 우위를 지키기 위해서는 얇고 가벼우면서도 가격이 싼 BLU가 필요하다.^[1]

BLU란 비발광형 Display인 LCD의 배면 혹은 뒤쪽에 위치하여 빛을 발산하는 광원으로서 LCD 패널로 백색광을 공급해 주는 기능을 담당하는 장치이다.^[2] 전형적인 BLU의 구조는 그림 1에서 볼 수 있다. 이는 빛의 조사 방식에 따라 크게 light guide plate(LGP)의 한쪽에 광원을 두고 이 광원에서 나온 빛을 LGP에서 위로 조명하는 가장자리형 BLU와 LGP없이 BLU 기판 바로 아래에서 조명하는 직하형 BLU로 구분한다. 전자는 주로 중소형 LCD에 후자는 텔레비전을 비롯한 대형 LCD에서 주로 사용한다.^[3,4] 그림 1은 직하형 BLU의

구조를 보여주고 있다.

이러한 BLU의 핵심 부품에는 그림 1에서 보듯이 기판과 확산시트 및 고가의 프리즘 시트가 있다. 그러나 최근의 LCD에 대한 낮은 가격과 박형화를 구현하기 위해서는 이들의 복합화나 단순화를 통한 BLU 구조자체를 단순화시키고 있다.^[5,6] 이를 위하여 미래나노텍의 UTE Sheet와 같은 다양한 형상의 복합필름 연구가 진행 중에 있으며, 더 향상된 성능에 저가격화에 많은 노력을 하고 있다.^[7,8]

본 논문에서는 BLU에 사용할 수 있는 저가이면서 복합적인 기능을 낼 수 있는 복합필름을 연구하였다. 설계된 복합필름은 BLU에서 확산판이 가지고 있는 확산기능과 프리즘시트 2장이 가지고 있는 집광기능을 동시에 갖는 새로운 형태로 막대형 프리즘 위에 원통렌즈를 붙인 1차원 배열형태의 복합필름의 구조를 제안하고 설계한다. 그리고 PET(polyethylene-

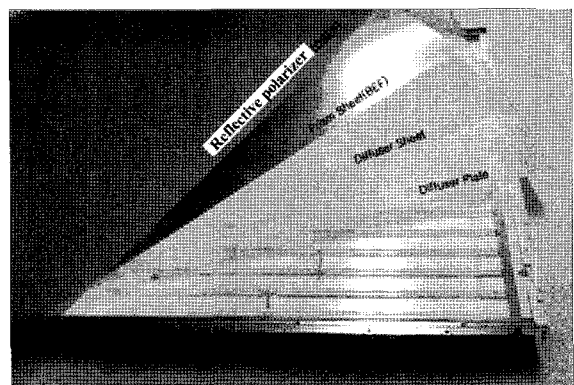


그림 1. 전형적인 BLU의 구조.

[†] E-mail: jhjo@hannam.ac.kr

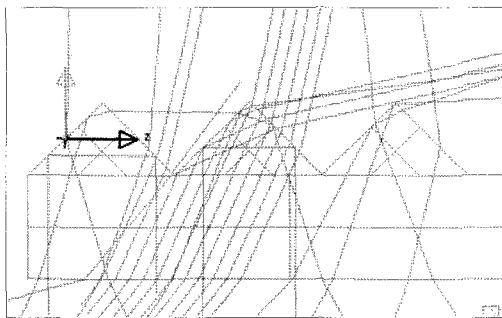
terephthalate) 기판 위에 이러한 복합필름을 그대로 붙인 직하형 BLU에 사용하는 일체형 복합필름의 광학적 성능에 대한 시뮬레이션을 하고자 한다. 이를 위하여 대각선 크기가 10인치인 일체형 복합필름에 대한 직하형 BLU의 구조를 선택하여 각각의 광휘도 분포와 광효율을 조명광학용 설계 프로그램으로 시뮬레이션한다. 그 후 이 최적의 조건들 아래에서 32인치 크기의 일체형 복합필름의 성능도 살펴본다. 그리고 나서 이러한 최적 조건에서 일체형 복합필름을 제작한다.

II. 일체형 복합필름의 설계

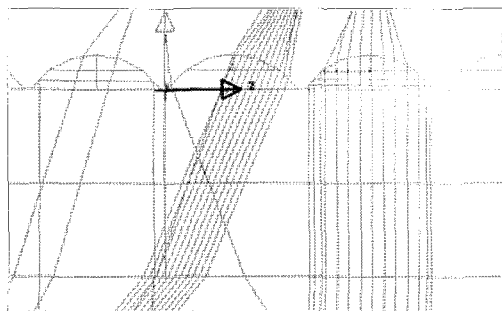
2.1 일체형 복합필름의 원리

BLU의 확산판은 광을 산란시켜 표면 전반에 걸쳐 여러 각도로 빛을 퍼져 나가도록 하여 휘도를 균일하게 하고 시야각을 넓히며 확산판 밑에 위치한 광원에 휘선이 전면부에서 보이지 않도록 감추는 역할을 한다. 그리고 프리즘 시트는 확산판을 지나면서 떨어진 광 휘도를 다시 앞 방향으로 집광시켜 휘도를 높여준다.^{9,10)} 이러한 두 기능을 한 장의 복합필름으로 구성하면서 성능을 향상시키기 위하여 확산판과 프리즘 시트를 한 장으로 구성하는 일체형 복합필름을 제안한다.

이러한 새로운 복합필름의 구조를 이해하기 위하여 프리즘 시트의 광경로를 간단히 살펴본 후, 그 문제점 및 장점을 파악하고, 이를 극복하고자 새로 제안된 일체형 복합필름의 광경로를 추적하여 일체형 복합필름의 원리를 이해하고자 한다.



(a) 프리즘 시트



(b) 일체형 복합필름

그림 2. 프리즘 시트와 일체형 복합필름의 광경로 비교.

그림 2와 같이 조명광학 설계 프로그램으로 이들을 각각 형상화한 뒤 광경로를 비교하였다. 광경로를 추적한 결과 일반적인 프리즘 시트의 경우(그림 2(a)) 수직으로 입사 시 100% 전반사되어 하단으로 되돌아온 후 다시 되반사 한다. 그러나 좌측에서 기울어져서 입사한 광은 매우 큰 각도를 가지고 출사하게 되어 출사광의 side lobe 분포에 대한 주요 원인이 된다. 본 논문에서 제안하고자 하는 일체형 복합필름의 경우 막대형 프리즘 위에 원통렌즈를 붙여 일차원적으로 배열된 형태로 (그림 2(b)), 수직으로 입사한 광들은 프리즘 형태의 부분에서는 100% 전반사하여 되돌아가지만 원통렌즈 부분에서는 100% 전반사되지 않고 출사된다. 이 결과 프리즘 시트에 의해서 생기는 손실과 효율을 줄일 수 있으며, 좌측에서 기울어져서 들어가는 입사광의 경우 큰 각도를 가지고 출사하는 광들이 없으므로 출사광의 side lobe가 나타나지 않으면서 높은 휘도를 얻을 수 있을 것이라 예상된다.

2.2 일체형 복합필름의 설계조건

일체형 복합 필름은 집광과 확산의 기능을 가지는 서로 다른 형태가 복합되어 있기 때문에 이에 따른 설계상의 많은 변수가 존재한다. 그리하여 일체형 복합필름의 성능 중 광휘도와 광휘도 분포, 광효율에 영향을 줄 수 있는 변수들을 그림 3에 나타내었다. 그림 3은 일체형 복합필름에 영향을 주는 변수를 설정해 놓은 것으로 프리즘-원통렌즈 막대들 간의 간격인 피치(pitch)와 이 막대들 간의 빈공간의 넓이인 피치 간격(pitch distance), 프리즘 구조부분의 밑변각인 프리즘각(prism angle), 원통렌즈의 곡률반경, 이 막대의 높이를 변수로 설정하였다. 첫 번째 피치는 복합필름의 마루 중심에서 다음 마루 중심까지의 거리를 말하며, 81.3 μm 에서 141.3 μm 까지 10 μm 씩 변화시켜가면서 이것이 광의 경로에 어떠한 영향을 미치는지 알아보았다. 피치간격은 피치에 공간을 두어 제작상의 편의를 두기 위해서 설정하였으며, 이 간격은 각각 5 μm 와 10 μm 로 설정하였다. 프리즘각은 35°에서 50°까지 5°씩 변화를 주었다. 그리고 기판의 높이는 188 μm 로 정하였다. 시뮬레이션을 하고자 하는 일체형 복합필름의 크기는 컴퓨터와 프로그램의 성능 한계로 인하여 대각선 길이가 10인치인 크기로 가로길이와 세로길이 각각 124.52 mm와 221.38 mm이다. 그리고 광원은 균일한 휘도를 갖는 램버시안(Lam-

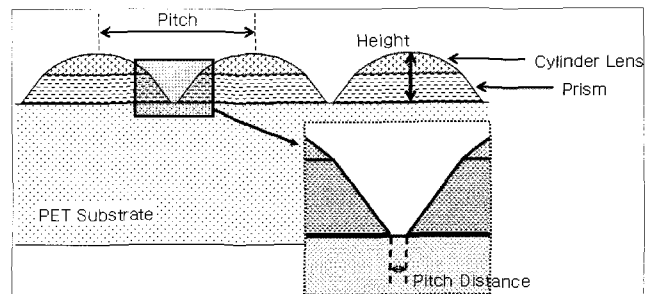


그림 3. 일체형 복합필름의 구조적 변수들.

berian) 형태인 직경 3 mm의 Cold Cathode Fluorescent Lamp (CCFL)를 균일하게 6개를 놓는 것으로 가정하였다.

III. 일체형 복합필름의 형상화 및 시뮬레이션

일체형 복합필름의 형상은 PET 기판에 1차원의 프리즘-원통렌즈 막대를 배열한 것이다. 여기서 복합필름의 총 높이의 반은 프리즘으로 이루어져 있고, 그 위에 같은 높이로 원통렌즈가 올라가도록 하였다. 그리고 전체적인 BLU의 종류는 직하형 BLU를 선택하였으며, CCFL에서 나온 빛은 반사판을 맞고 반사하여 일차원으로 배열된 일체형 복합필름을 통과하도록 하였다. 반사판의 형태는 V-Shape의 형태로 그림 4에 형상을 나타내고 있다. 반사판의 형상과 특성은 참고논문 [11], [12], [13]을 참고하여 설계하였으며, 10인치의 BLU 구조에 반사판과 일체형 복합필름의 떨어진 거리 12 mm로 박형화와 최적의 성능을 갖도록 설정하였다. 이때 반사판의 반사효율은 95%로 설정하였다. 이 시뮬레이션에서 실제 제작을 고려하여 일체형 복합필름의 PET 기판 굴절률을 1.58로 그리고 복합필름의 굴절률은 1.57로 설정하였으며, 일체형 복합필름의 두께는 PET 기판의 두께인 188 μm 를 포함하여 200~250 μm 가 되며, CCFL과 반사판까지를 포함한 BLU의 총 두께는 약 15 mm가 되도록 하였다.

그림 4는 위에서 설명한 일체형 복합필름을 이용한 10인치 크기의 직하형 BLU의 크기와 조감도이다. 그림 4의 왼쪽 상단의 그림은 위에서 보는 x-z 평면의 배치도이고, 왼쪽 하단은 전면에서 보는 것으로 x-y 평면의 그림이며, 오른쪽 상단의 그림은 조감도이고, 오른쪽 아래 그림은 y-z 평면의 그림으로 기판 아래에 6개의 CCFL의 단면과 그 뒤의 반사판 형태가 보인다. 여기서 직하형 BLU의 크기를 10인치에 맞춘 것은 앞서 언급한 바와 같이 일체형 복합필름에 대한 성능 파악에 최대의 목적이 있으므로, 여러 변수를 적용시켜서 빠른 결과 값을 얻기 위하여 조절한 크기이다. 그런 뒤에 최적의 조건을 구한 후, 이 조건에서 32인치 크기에 대한 시뮬레이션 결과를 최종적으로 살펴본다. 그러므로 일체형 복합필름의 피치와 피치간격에 따라서 복합필름의 일차적인 배열의 개수가 10인치에 맞춰서 정해진다. 광원인 CCFL은 20.75 mm의 균일한 간격으로 배치하였다.

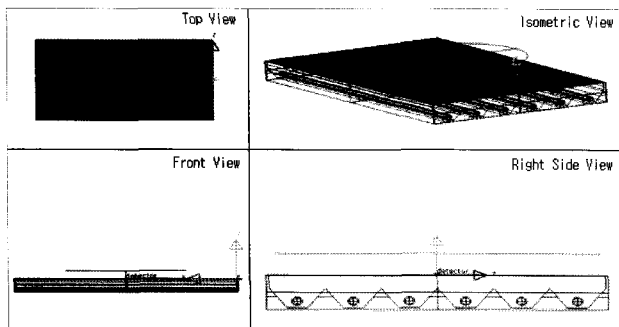


그림 4. 일체형 복합필름을 이용한 직하형 BLU의 크기와 조감도.

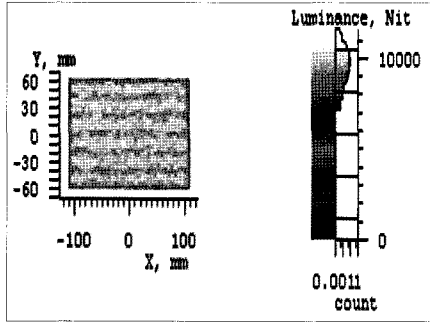
IV. 시뮬레이션 결과 및 논의

2차원 평면의 광휘도 분포인 spatial luminance raster chart (그림 5(a)) 및 이들의 x 축과 y 축 단면의 광휘도에 대한 spatial luminance viewer(그림 5(b))를 사용하여 10인치 크기의 일체형 복합필름의 2차원 면에서 생기는 광휘도(luminance)의 광효율, 평균 광휘도, 균일도 등을 살펴보았다. 그리고 BLU에서의 공간적으로 퍼져나가는 발산각도별 분포인 angular luminance line chart(그림 5(c))와 BLU의 전면에서 바라본 발산각도에 따른 광휘도분포를 나타내는 angular luminance 3D raster chart(그림 5(d))로부터 발산각도에 따른 공간적 분포 및 균일도를 살펴보았다. 광효율은 CCFL의 초기 광휘도를 100%로 놓고 최종 출사된 광휘도를 보고 구하였으며, 균일도는 raster chart와 luminance chart들을 이용하여 계산한다.

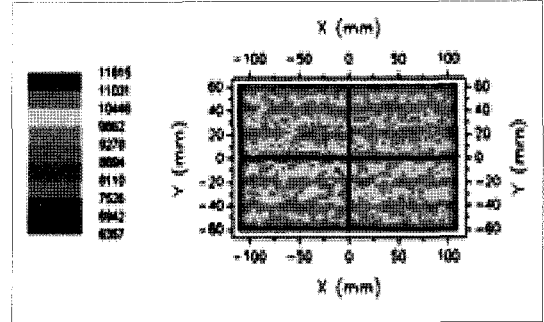
그림 5는 피치가 141.3 μm , 피치간격이 5 μm , 프리즘각이 46°에 대한 광휘도 분포이다. 그림 5(d)인 angular luminance 3D raster chart를 확인해 보면 광휘도 분포는 수직으로 약 98.3° 수평으로 약 133.5°의 각도로 퍼지는 것을 알 수 있으며, 중앙부분의 광휘도 값이 밀집되어 높은 광휘도 값을 갖는다는 것을 알 수 있다. 이 결과 보통 프리즘 시트보다 더 넓은 각도에서 높은 광효율과 광휘도 분포가 나왔으며, 프리즘 시트에 의해서 생기던 side lobe의 손실이 거의 없음을 알 수 있다. 그러나 일차원으로 배열된 구조물의 피치가 줄어들면 전체 면적에서 피치간격이 차지하는 면적의 비율이 상대적으로 커지게 되므로 광효율이 줄어들게 되어, 평균 광휘도 값과 광효율이 피치가 141.3 μm 일 때보다 3%~4% 정도 떨어졌으며 균일도와 광휘도는 5%~7% 떨어졌다.

그림 6은 피치가 141.3 μm 로 고정되어 있고 피치간격이 각각 5 μm (a)와 (b)와 10 μm (c)와 (d)일 때 프리즘각을 30°, 40°, 45°, 46°, 50°로 변화시키면서 조사한 BLU의 중앙 x 단면(mm 단위, (a)와 (c))과 y 단면(mm 단위, (b)와 (d))의 광휘도(Nit 단위) 그래프이다. 그래프를 살펴보면 x 단면에서는 광휘도의 변화가 없이 전체 각도에서 균일하게 나왔으나, y 단면에서는 CCFL이 놓여져 있는 위치에서 휘도가 주기적으로 높게 나온다. 이것은 CCFL과 일체형 복합필름의 구조형상이 같은 방향으로 놓여 있어서 반사판을 맞고 올라온 광들이 공간적으로 흐트러지지 않기 때문이다. 이러한 현상은 반사판의 위치를 조절하거나 CCFL의 수의 증가 혹은 추가적인 광학시트를 결합함으로써 해결할 수 있는 문제이며, 일체형 복합필름의 경우에는 두 장을 사용하여 (직교) 배치하면 CCFL의 휘선이 제거 되는 것을 그림 8에서 보면 알 수 있다. 프리즘 각도가 46°일 때 균일도가 가장 좋았으며, 광효율은 52%~53.5%로 높게 나왔고 균일도도 81.7%~ 83.5%로 높게 나왔다.

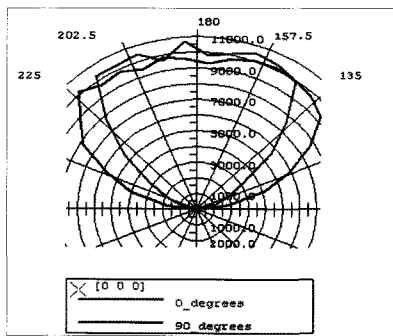
그림 5와 그림 6의 결과로부터 구한 최적의 조건인 피치 141.3 μm , 피치간격 5 μm , 프리즘각 46°, 막대높이 35 μm 에서 32인치 크기의 BLU에 대한 광학적 성능을 조사하였다. 그 밖의 조건은 앞에서 언급하였던 것과 같이 동일하게 진행하



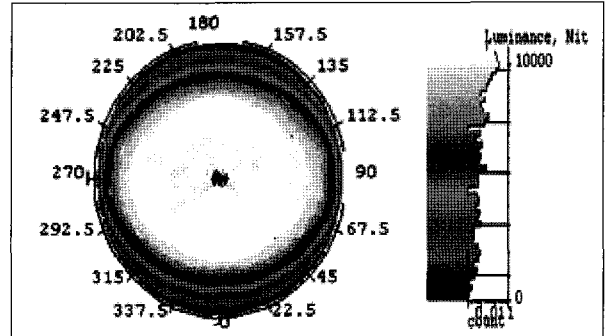
(a) spatial luminance raster chart



(b) spatial luminance viewer

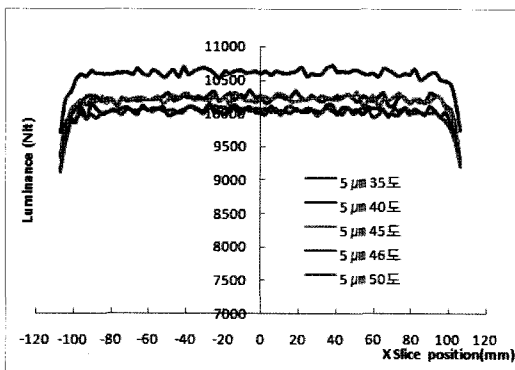


(c) angular luminance line chart

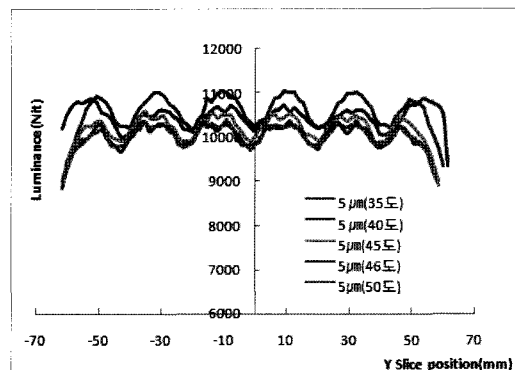


(d) angular luminance 3D raster chart

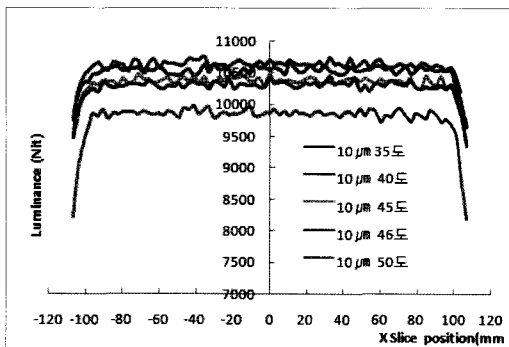
그림 5. 피치 141.3 μm , 피치간격 5 μm , 프리즘각 46°, 막대높이 35 μm 일 때의 광휘도 분포 결과.



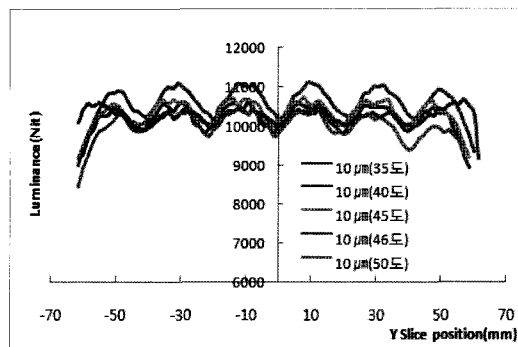
(a)



(b)



(c)



(d)

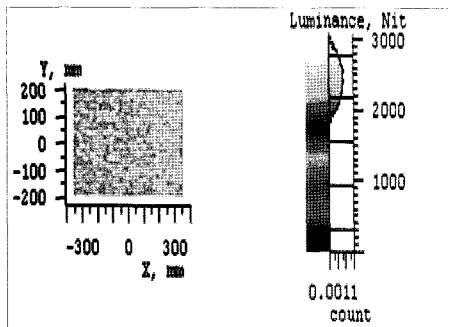
그림 6. 피치가 141.3 μm 으로 고정되어 있고 피치간격이 각각 5 μm ((a)와 (b))와 10 μm ((c)와 (d))일 때 프리즘각을 30°~50°까지 변화시키면서 조사한 BLU의 중앙 x 단면(mm 단위, (a)와 (c))과 y 단면(mm 단위, (b)와 (d))의 광휘도(Nit 단위) 그래프.

였으며, 32인치 BLU에서는 CCFL의 개수만 6개에서 16개로 증가시켰다. 그림 7이 이 결과로 (a), (b), (c), (d)는 각각 spatial luminance raster chart, spatial luminance viewer, angular luminance line chart, angular luminance 3D raster chart이다. 이로부터 32인치 BLU의 광효율은 53.2%, 균일도는 81.2%, 발산각은 수직으로 97.5°이고 수평으로 128.5°라는 것을 알 수 있다. 이 결과는 그림 5의 10인치 크기의 BLU에 대한 결과와 비교해 볼 때 평균 광휘도와 광효율, 광휘도 분포 면에서는 비슷하였다. 그러므로 10인치의 BLU에서 구한 최적 조건을 32인치의 BLU의 최적 조건으로 사용하여도 문제가 없다.

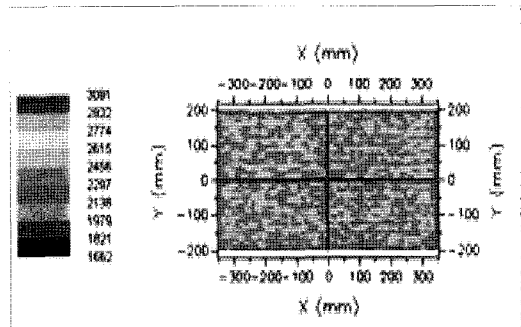
또한 일체형 복합필름이 일반적인 BLU에서 사용하는 확산시트와 프리즘 시트의 기능을 동시에 하거나 혹은 프리즘 시트의 기능만을 대체하는지를 살펴보기 위하여 일반적인 10인치 크기의 확산시트와 프리즘 시트를 가지고 BLU를 설계하였다. 확산시트의 구조와 형상은 참고문헌 [13]을 바탕으로 설계하였다. 이 때 프리즘 시트는 피치가 90 μm이고 프리즘의 꼭지각이 90°이며, 이 프리즘 시트 두 장을 수직과 수평방향으로 각각 놓고 시뮬레이션을 진행하였다. 이 결과는 직접적으로 본 논문에서 제시하지 않았지만 일반적으로 잘 알려져 있는 바와 같이 LCD TV에서는 수직으로 50°이고 수평으로 68°를 가진다.^[14] 이는 일체형 복합필름보다 훨씬 좁은 각도라는 것을 확인할 수 있었다. 또한 프리즘 시트에서 좌우 80° 방향의 전 후에서 강한 side lobe가 발생함을 알 수 있었는데, 이러한 현상은 그림 2(a)에서 보여준 프리즘 시

트에 대한 광 경로에서 예측한 결과이다. 그리고 확산시트에 의한 광손실과 프리즘 시트에 의한 광손실로 인한 광효율이 39.69% 정도 감소함을 알 수 있었다.

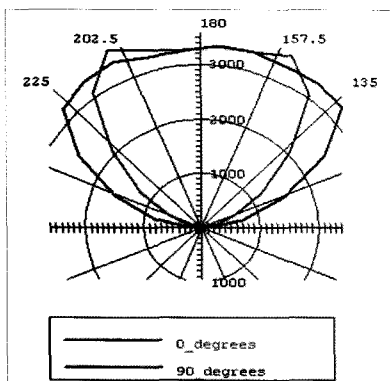
그림 8은 복합필름 2장을 배열구조가 서로 수직하게 겹치도록 하여 얻은 시뮬레이션 결과로 (a)는 spatial luminance raster chart, (b)는 spatial luminance viewer, (c)는 angular luminance line chart, (d)는 angular luminance 3D raster chart이다. 그림 8(a)와 (b)로부터 광효율은 40.45%라는 것을 알 수 있는데, 복합필름을 한 장 사용했을 때의 결과보다는 효율이 떨어지지만 프리즘 시트와 확산시트를 결합한 일반적인 BLU의 광효율보다는 높다는 것을 알 수 있다. 또한 프리즘 시트에 의해서 생겼던 side lobe가 발생하지 않음을 확인하였다. 그림 8(c)와 (d)로부터는 프리즘 시트를 사용하는 일반적인 BLU와 같이 광휘도 분포가 중앙부분에 집중되어 있지만 약간 더 넓게 퍼져있으면서 일반적인 BLU보다 일체형 복합필름의 광휘도 분포가 수직과 수평 방향에 대해서 거의 같은 각도로 퍼져 나감을 알 수 있다. 이것은 CCFL에서 나온 빛이 반사판을 맞고 램버시안으로 퍼져서 올라간 광이 일체형 복합필름과 CCFL과 같은 방향에 대해서는 어떠한 변화도 가지지 않지만, 일체형 복합필름과 CCFL의 수직 방향에 대해서는 주변의 빛을 전 방향으로 경로를 바꾸어 직진도를 증가시키면서 전면휘도를 증가시키기 때문에 일체형 복합필름을 한 장 사용했을 때의 수평방향에서는 가능한 한 광들이 전면으로 올라가게 되므로 수직방향의 퍼짐각과 수평



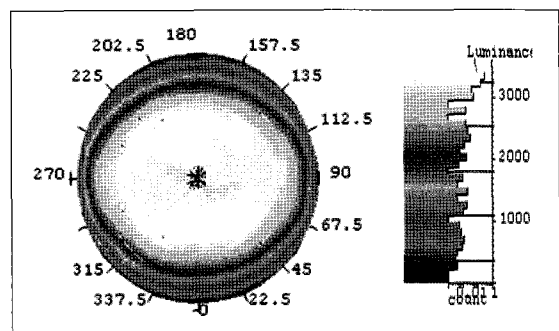
(a) spatial luminance raster chart



(b) spatial luminance viewer

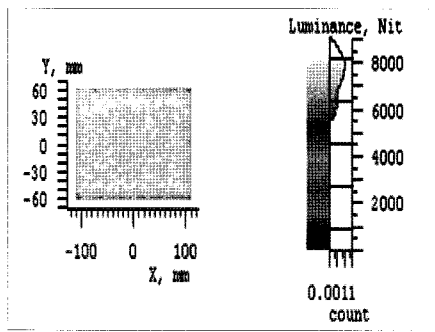


(c) angular luminance line chart

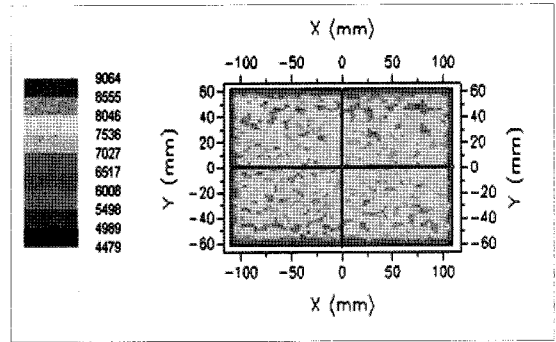


(d) angular luminance 3D raster chart

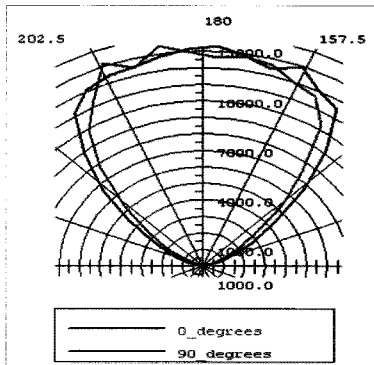
그림 7. 32인치의 직하형 BLU의 광학적 성능 계산 결과.



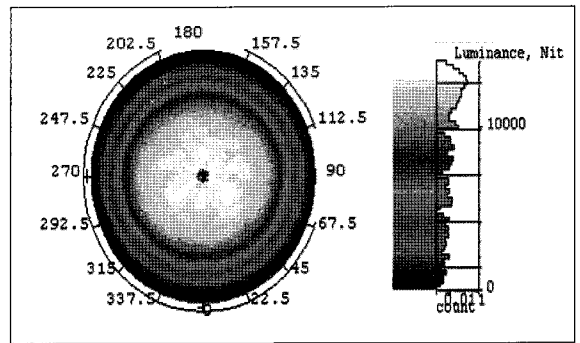
(a) spatial luminance raster chart



(b) spatial luminance viewer



(c) angular luminance line chart



(d) angular luminance 3D raster chart

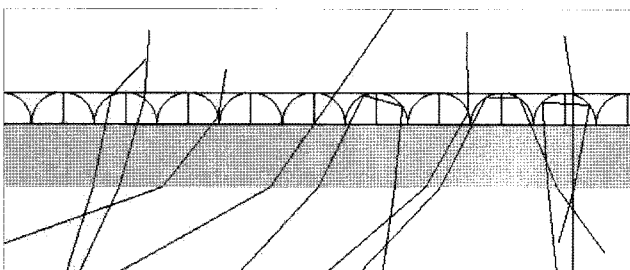
그림 8. 최적조건에서의 복합필름 2장을 서로 수직하게 겹쳤을 때에 대한 시뮬레이션 결과.

방향의 퍼짐각이 거의 같아진다.

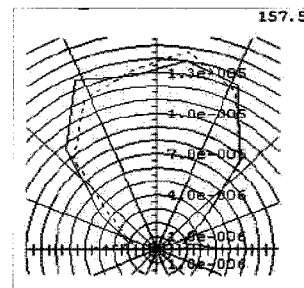
또한 기존에 연구, 개발되고 있는 것을 바탕으로 일체형 복합필름에 대한 시뮬레이션을 추가적으로 비교 분석하였으며, 비교 분석 대상으로는 참고문헌 [13]에서 제시한 MLA (Microlens Array)에 대한 시뮬레이션 결과를 참고하여 비교하였다. MLA의 형상은 그림 9(a)에 나타내었는데 MLA는 타원형 구조로 되어 있으며 수평 50 μm , 수직 150 μm 로 설정하여 Array가 이루어진 구조이다.

그림 9의 (b)는 본 논문에서 제시한 일체형 복합필름을 사용한 BLU의 angular luminance line chart로 발산각을 상호 비교하고자 참고문헌 [13]에서 제시한 microlens array(MLA)의 angular luminance line chart를 제시한 것이다. 이를 일체형 복합필름을 1장만 사용한 경우(그림 5(c))와 일체형 복합

필름 2장을 서로 수직으로 겹쳐서 사용한 경우(그림 8(c))와 비교하였다. 이 결과 수직 방향에 대한 광휘도 분포는 세 조건에서 거의 비슷한 분포를 가지고 있음을 알 수 있었다. 그리고 수평 방향에 대한 광휘도 분포는 일체형 복합필름을 한 장 사용한 구조가 100° 이상으로 넓은 광휘도 분포를 가지는데, 이는 BLU에 확산의 기능이 첨가되어 수평 방향으로 광휘도 분포가 넓게 퍼지기 때문이다. 일체형 복합필름을 2장 사용한 구조와 MLA의 결과는 수직 방향과 수평 방향에 대해서 광휘도 분포가 별 차이없이 균일하게 분포함을 알 수 있었으며, 일체형 복합필름을 한 장 사용하였을 경우에 나타났던 휘선이 없어졌음을 또한 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 MLA를 사용한 경우(그림 9(b)), 일체형 복합필름을 1장만 사용한 경우(그림 5(c)), 일체형 복합필름 2장을 서로



(a)



(b)

그림 9. 참고문헌 [14]에서 제시한 (a) microlens array의 형상 (b) microlens array로 만든 BLU의 angular luminance line chart.

수직으로 겹쳐서 사용한 경우(그림 8(c))의 (a) 수직 방향과 (b) 수평 방향의 발산각에 대한 광휘도 분포를 정량적으로 살펴본 그림 10에서 보다 자세하게 알 수 있다. 특히 MLA는 side lobe가 희미하게나 나타나지만 일체형 복합필름의 경우에는 side lobe가 전혀 나타나지 않았다.

V. 일체형 복합필름의 제작

일체형 복합필름의 시뮬레이션 결과 일체형 복합필름의 최적 조건은 피치가 141.3 μm , 피치간격 5 μm , 프리즘각 46°,

막대높이 35 μm 였다. 그러나 제작 공정에서 마이크로미터 이하로 플라스틱 사출 공법의 정밀도를 유지할 수 없기에 피치를 140 μm 로 설정하였으며, 나머지 변수들은 동일하게 설정하였다. 피치값을 바꾸어 BLU의 광학적 성능을 시뮬레이션한 결과가 그림 11이다. 이 결과 균일도는 82.4%, 광효율은 53.2%, 광휘도 분포는 수직 시야각은 98.68°, 수평 시야각은 119.5°의 결과를 얻었다. 이 결과는 원래 최적 피치에 대한 결과와 비교해 보아도 광효율과 균일도, 광분포 면에서도 거의 같다. 제작에 필요한 공차를 적용한다면 피치는 140 μm 를 기준으로 $\pm 5 \mu\text{m}$, 프리즘각은 $\pm 2^\circ$, 피치간격은 $\pm 1 \mu\text{m}$ 로 설정

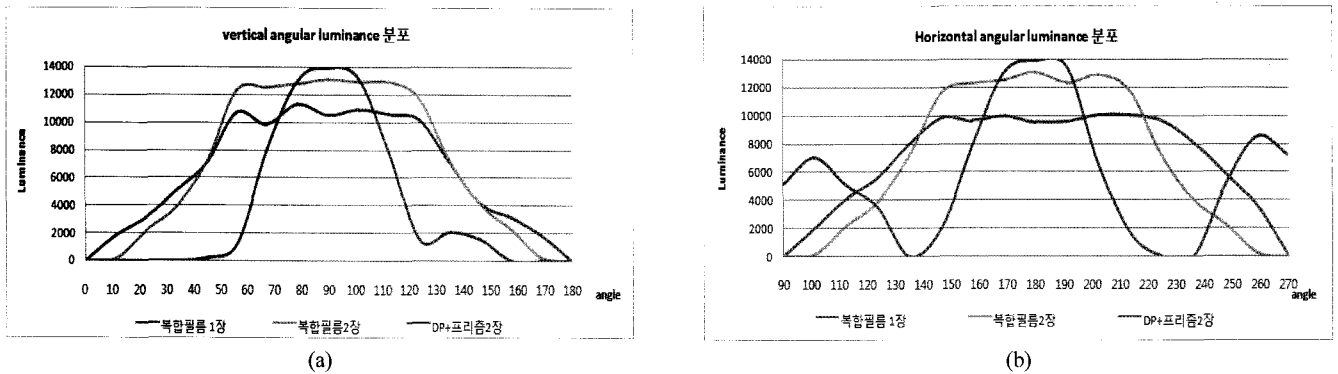


그림 10. 일체형 복합필름을 1장만 사용한 경우(그림 5(c)), 일체형 복합필름 2장을 서로 수직으로 겹쳐서 사용한 경우(그림 8(c)), 확산 시트와 프리즘 시트가 결합된 경우 (a) 수직 방향과 (b) 수평 방향의 발산각에 대한 광휘도 분포 그래프.

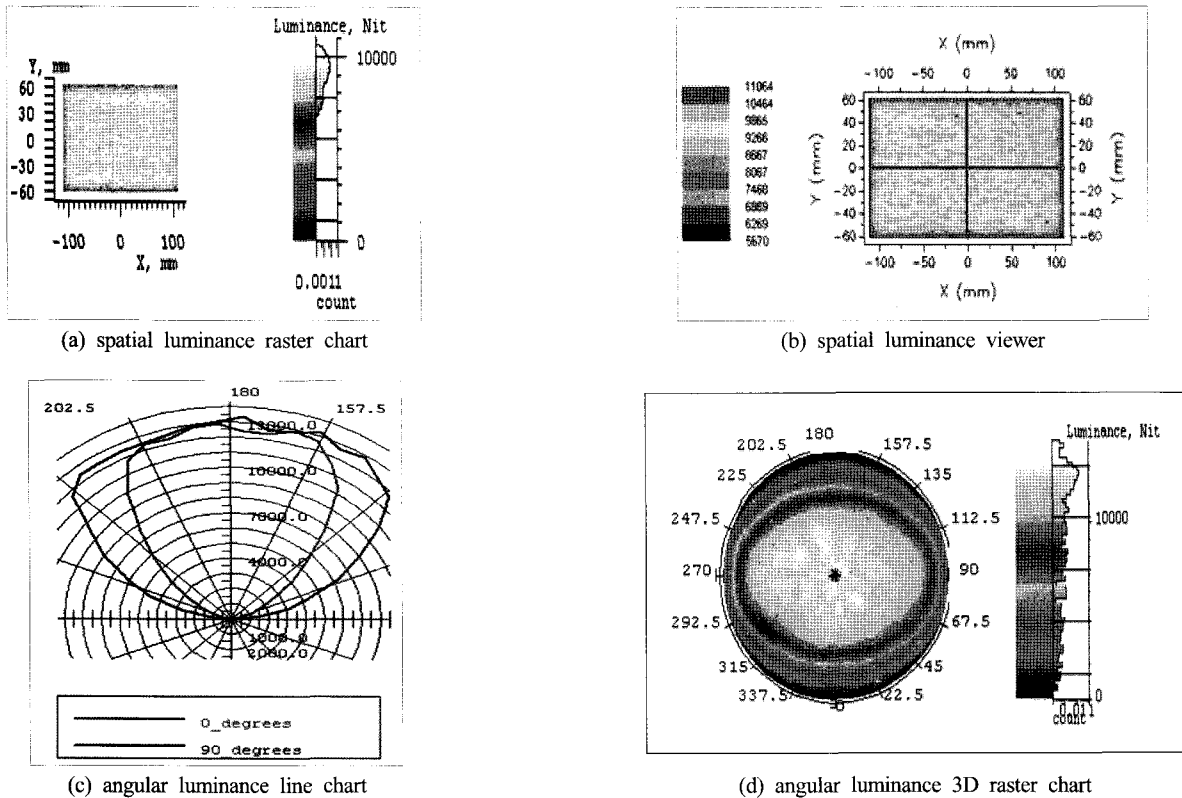


그림 11. 일체형 복합필름의 시뮬레이션 결과 일체형 복합필름의 최적 조건을 피치 140 μm , 피치간격 5 μm , 프리즘각 46°, 막대높이 35 μm 일 때로 정하였을 때 결과.

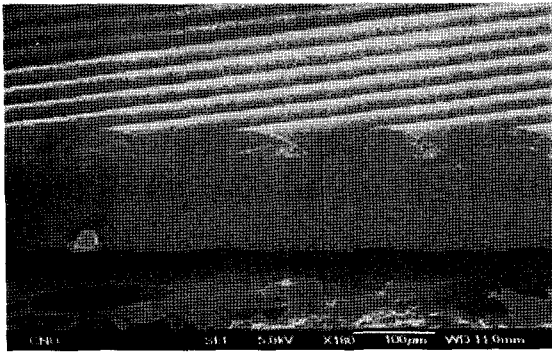


그림 12. 최적조건으로 제작한 일체형 복합필름의 SEM 단면 사진.

하였다.

그림 12는 이 결과를 바탕으로 제작한 일체형 복합필름의 단면을 scanning electron microscope으로 찍은 단면이다. 그림 12에서 보여지는 일체형 복합필름의 형상도를 보면 두꺼운 판 모양이 PET 기판이며, 그 위에 1차원 lenticular 형상처럼 보이는 복합필름이 프리즘 형상과 실린더 형상이 결합된 구조로 PET 기판위에 결합되어 잘 제작되었음을 알 수 있다.

VI. 결 론

조명광학 설계 프로그램으로 일체형 복합필름을 형상화하여 구성된 BLU의 광학적 성능을 조사한 결과 광휘도 분포는 중앙 부분에서 높은 휘도 값을 보였으며 프리즘 시트를 넣는 일반적인 BLU와 비교하여도 중앙의 광휘도 집광특성이 매우 잘 나타났으며, 프리즘 시트보다는 좀 더 넓은 발산각도를 가지고 광휘도가 분포하는 것을 확인하였다. 또한 프리즘 시트로 인해서 발생되었던 side lobe를 원통렌즈를 일차원으로 배열함으로써 side lobe를 없앨 수 있었으며, 이 결과 프리즘 시트에 의해서 발생되었던 손실이 줄어들어 광효율이 높아졌다. 일체형 복합필름의 광효율은 피치가 141.3 μm , 피치간격 5 μm , 프리즘각 46°, 막대높이 35 μm 라는 최적 조건 하에서 약 50%~53.5%의 높은 광효율을 나타내었으며, 확산시트와 프리즘 시트가 결합하여 얻은 결과보다 광효율이 약 30%가 높았다.

특히 일체형 복합필름을 한 장을 사용한 구조에 대한 결과를 살펴보면, 복합필름의 반을 차지하는 원통렌즈로 인하여 프리즘 시트 때문에 발생하였던 side lobe가 사라졌으며 손실 자체가 줄어들어 높은 광효율과 프리즘을 사용했을 경우와 비교하여 동등한 수준의 광휘도를 나타내었다. 또한 수평 방향에 대해서는 100° 이상의 넓은 시야각을 나타냄을 확인하였다. 일체형 복합필름을 두 장 사용한 구조에서는 프리즘-원통렌즈 막대의 배열이 서로 직교되게 배치함으로써 수평 방향으로 퍼졌던 광을 중앙으로 집중 시켜주는 역할을 하였으며, 이것의 한 가지 결과로 일체형 복합필름을 한 장 사용하였을 때 생겼던 휘선을 제거할 수 있었다. 그러나 광효율

측면에서는 일체형 복합필름을 한 장 사용한 결과보다 오히려 10% 감소하였다. 하지만 휘도 균일도는 82.3%로 높아졌음을 시뮬레이션 결과로 확인하였다. 결과적으로 기존 복합필름의 한 종류인 MLA구조의 BLU와 비교하여 시야각도별 광휘도 분포가 크게 차이가 나타나지 않았다. 또한 그림 10에서 일체형 복합필름을 한 장 사용한 것보다 두 장을 결합한 구조에서 시야각이 줄어들었음을 볼 수 있다. 결국 시야각이 줄면서 정면휘도는 증가함을 확인하였다. 시뮬레이션의 결과를 바탕으로 일체형 복합필름을 실제로 정교하게 제작하였으며, 추후에 본 논문의 조건에 따라 제작된 일체형 복합필름을 광원과 결합시킨 BLU의 광학적 성능을 측정하여 예측했던 값과 서로 비교하고자 한다.

감사의 말

일체형 복합필름의 설계시 고려해야할 제작상의 문제점들을 심도있게 토론해주신 (주)나노옵틱스의 이상현 대표이사 와 손명섭 과장에게 감사를 드립니다.

참고문헌

- [1] 임성규, “액정 Display 백라이트”, 단국대학교출판부, 서울, pp. 67-72, 2005.
- [2] 이지영, 박지희, 이운성, 남기봉, 고재현, “BLU용 집광 필름의 마이크로렌즈 설계”, 제4회 광기술교육연구회 산학연 워크샵 및 총회 논문집, 광기술교육연구회, pp. 6, 2006.
- [3] 이준우, 박창걸, 고병열, “광학필름 (Optical Films)”, 기술산업정보분석, 과학기술정보연구원, pp. 8-9, 2004.
- [4] 정찬성, 기하학적 구조물을 이용한 LCD TV용 LED Backlight Unit 설계 및 해석, 단국대학교, 석사학위 청구 논문, pp. 3-6, 2005.
- [5] 정윤모, 최명조, 김두희, 황보창권, “Bezier curve를 이용한 prism-diffusion plate용 micro lens array 설계”, 제4회 광기술교육연구회 산학연워크샵 및 총회 논문집, 광기술교육연구회, pp. 19, 2006.
- [6] Ji-Young Lee, Jae-Hyeon Ko, Joong Hyun Kim “Light output Characteristics of Rounded Prism Films in the Backlight Unit for Liquid Crystal Display”, *Journal of Information Display*, vol. 7, no. 4, pp. 1-2, 2006.
- [7] www.mntech.co.kr(미래나노텍)
- [8] www.microsharp.co.uk (Microsharp Corporation Limited)
- [9] (주) 폴리소프트, “BLU 관련 국내 기술, 제품, 시장의 최근 동향 분석”, 전자부품연구원, pp. 2-7, 2006. 5.
- [10] 엔이씨 엘씨디 테크놀로지스, 시모누마베, “직하형 백라이트”, 일본특허청 10-0664547-0000, 2006.
- [11] 김차연(태산 LCD), “Backlight Unit 부품소재 기술개발 동향”, 한국정보디스플레이학회, 6권, 3호, pp. 6-7, 2005.
- [12] 박종리, 임성규 “TFT-LCD용 고휘도 직하방식 백라이트의 설계 및 제작”, 한국마이크로 전자 및 패키징 학회

- 학술대회지, pp. 196, 2001.
- [13] 최관민, “LCD TV BLU의 성능을 향상시키는 개발에 관한 연구”, 국민대학교 대학원 석사학위논문, pp. 73-90, pp. 123-135, pp. 136-137, 2004.
- [14] 권진혁, “BLU의 기술 및 최신 동향”, 제17회 광기술 워크샵, 한국광학회 광기술분과, pp. 17-18, 2007.

New BLU Sheet with Linear Arrays of Deformed Bar Prism for Direct Back Light Unit

Sun Young Jang and Jae Heung Jo[†]

*Department of Applied Optics and Electromagnetics, College of Natural Science, Hannam University,
133 Ojung-dong, Daeduk-gu, Daejeon, 306-791, Korea*

[†]*E-mail: jhjo@hannam.ac.kr*

Seung Sun Baek

Department of Ocular Optics, Daejeon Health Sciences College, 77-3 Gayang-2-dong, Dong-gu, Daejeon, 300-711, Korea

(Received October 22, 2007, Revised manuscript November 21, 2007)

A new sheet of back light unit (BLU) to reduce the number of sheets and enhance the optical performances of direct back light unit (BLU) in a liquid crystal display is proposed and designed. In order to improve the straightness and spatial uniformity of brightness of the BLU, we design the new sheet with linear arrays of complicated bar prism by using the fusion of cylindrical lens and bar prism. Then, we investigate and analyze various optical performances of a BLU including the new sheet through an illumination optical system design program. From these results, we determine the optimum geometrical structure of the sheet. Under the optimum condition, the luminance efficiency and spatial uniformity of luminance of the BLU are 53.5% and 83.5% respectively. And the vertical and horizontal widths of the angular luminance distribution are 90° and 112.5° respectively. Finally we have fabricated a new BLU sheet according to this design shape by using an ordinary resins.

OCIS code : 080.2740, 220.4830, 240.0310, 230.1980, 230.5480.