

광분할 반사경이 집적된 단일 광원 기반의 통합형 듀얼 백라이트 유닛

박찬규 · 이학순 · 이상신[†]

광운대학교 전자공학과
☎ 139-701 서울특별시 노원구 월계동 447-1

(2008년 1월 4일 받음, 2008년 2월 14일 수정본 받음)

본 논문에서는 단일 광원에 광분할 반사경을 집적하여 휴대폰의 디스플레이부와 키패드부에 동시 적용 가능한 통합형 듀얼 백라이트 유닛을 제안하고 구현하였다. 이 광분할 반사경은 상부 커버와 홈 모양의 하부 기판을 서로 정렬함으로써 구현되며, 반사경 좌우에는 도광판, 확산 시트, 프리즘 시트로 이루어진 도광 모듈이 연결되어 있다. 하부 기판의 중앙에 위치한 광원에서 방사된 광은 반사경 내부에서 다중 반사를 하면서 진행하고, 도광 모듈에 입사된 후 면광원으로 변환된다. 제작된 듀얼 백라이트 유닛의 측정 결과를 살펴보면, 키패드부에서의 평균 휘도 및 휘도 균일도는 각각 420 cd/m²와 69%, 디스플레이부에서는 640 cd/m²와 79%였다.

주제어: 광분할 반사경, 백라이트 유닛, 디스플레이, 키패드, 휴대폰

I. 서 론

휴대폰 등의 단말기는 무선통신 산업이 발전하면서 지난 몇 년 동안 급격한 속도로 보급되었다. 휴대폰의 디스플레이부는 대부분 LCD(liquid crystal display)로 만들어져 있는데, 이 LCD는 스스로 발광할 수 없기 때문에 후면에서 평면 광을 공급해 주는 백라이트 유닛(BLU: backlight unit)이 필요하다.^[1] 한편, 최근 들어 휴대폰 백라이트용 광원으로 주목받고 있는 LED(light emitting diode)는 휴대폰의 키패드부와 디스플레이부뿐만 아니라 모니터 등의 디지털 제품에도 광범위하게 사용되기 시작하였다. 이러한 LED 기반의 BLU는 소비전력이 적고, 색재현율이 CCFL(cold cathode fluorescent lamp)보다 더 높아서 선명한 화면을 재생할 수 있는 등의 장점을 지닌다.^[2] 이러한 LED BLU의 가격을 낮추기 위해서는 사용되는 광원의 개수를 줄이는 것이 필수적인데 이러한 목적으로 다음과 같은 방법이 시도되었다. 즉, 도광판 하부 패턴의 변경을 통하여 광원의 수를 줄이면서도 충분한 휘도를 낼 수 있는 방법,^[3] 단일 도광판에 회절 격자를 도입하여 디스플레이부와 키패드부에 동시에 광을 공급하는 방법,^[4] 그리고 하나의 BLU에서 컬러필터를 투과/반사 형태로 제작하여 광을 상하 방향으로 분할하여 두 개의 백라이트를 구현하는 방법 등이다.^[5]

본 논문에서는 단일 광원에 광분할 반사경을 집적하여 두 개의 면광원을 생성하고, 이를 키패드부와 디스플레이부에 동시에 적용할 수 있는 통합형 듀얼(dual) BLU(DBLU)를 제안하고 구현하였다. 제안된 광분할 반사경은 'V' 구조를 갖는 상부 커버(cover)와 하부 기판(substrate)이 정밀하게 정렬되어 결합되어 있으며, 광을 분할하는 중요한 역할을 한다. 그리고 광분할 반사경 좌우에는 점광원을 면광원으로 바꾸

어 주기 위해서 도광판, 확산 시트(diffuser sheet), 프리즘 시트(prism sheet) 등으로 구성된 도광 모듈(light guiding module)이 부착되어 있다. 하부 기판의 중앙에 위치한 LED 광원에서 방사된 광은 반사경 내부에서 좌우로 분할된 후 키패드부와 디스플레이부의 도광판에 입사되어 수직 방향 면광원으로 변환된다.

II. 제안된 소자의 동작원리 및 설계

제안된 광분할 반사경 기반의 통합형 DBLU의 구조가 그림 1(a)에 도시되어 있다. 이 광분할 반사경은 기본적으로 하부 기판과 상부 커버가 정렬된 구조를 갖는다. 하부 기판의 중앙에는 광원으로 사용되는 LED가 배열되어 있다. 이 'V'자 형태의 상부 커버와 하부 기판 구조물의 표면은 반사율이 높은 알루미늄(Al) 금속으로 코팅되어 있으며, 적절한 광경로 확보를 위해 일정한 간격을 유지하면서 정밀하게 정렬되어 있다. 이 반사경의 좌우 측면에는 디스플레이부와 키패드부에 사용될 도광 모듈이 각각 위치해 있다. 그림에서 알 수 있듯이, 이 모듈은 도광판, 확산 시트, 프리즘 시트(2장)로 구성되어 있으며, 도광판 하부에는 그림 1(c)에 도시된 바와 같이 구 형태의 주기적인 격자 패턴이 포함되어 있다. 도광 모듈은 반사경으로부터 측면으로 입사되는 광을 수직 방향의 면광원으로 변환하는 역할을 한다.^[6-8] 그림 1(b)에는 제안한 통합형 DBLU 내부에서의 개략적인 광 진행 경로와 주요 설계 파라미터들이 나타나 있다. LED 광원으로부터 출력되는 광은 반사경 표면에서 다중 반사를 거치면서 좌우 방향으로 적절하게 분할 되어 디스플레이부와 키패드부의 도광판에 동시에 입사된다. 입사된 광은 확산 및 프리즘 시트를 통해서 최종적으로 수직 방향의 균일한 면광원으로 변환된다.

먼저, 제안된 광분할 반사경 기반의 DBLU의 특성 분석을 위하여 상용화된 광학설계 툴인 LightTools[®]를 이용하였다.^[9]

[†]E-mail: slee@kw.ac.kr

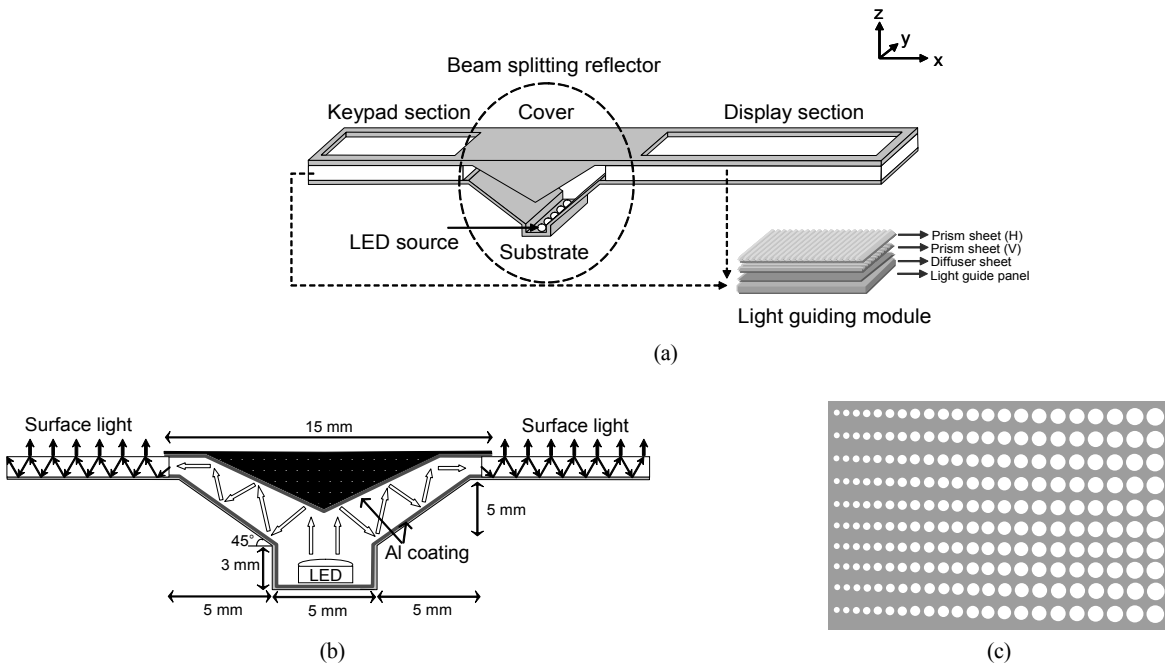


그림 1. 제안된 통합형 (a) DBLU 구조 (b) 설계구조 및 동작원리 (c) 도광판 하부 패턴의 배열 형태.

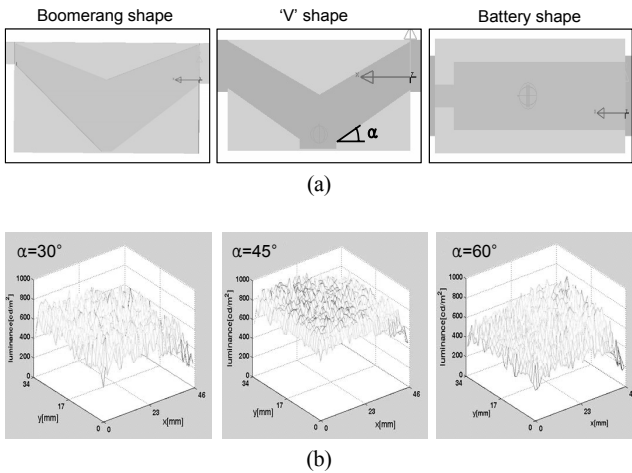


그림 2. 고려된 통합형 DBLU 구조 및 성능 (a) 다양한 광분할 반사경 구조 (b) 오픈 각도에 따른 휘도 분포도.

그림 2(a)에 도시된 바와 같이 다양한 구조(boomerang, 'V', battery 형태)의 광분할 반사경을 분석하였고, 그 중 휘도가 가장 높은 'V'구조를 선택하였다. 이 구조에 대하여 반사경의 기울기 각도에 따라($\alpha = 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$) 결과 휘도 분포를 계산하였는데, 그림 2(b)에서 알 수 있듯이 $\alpha = 45^\circ$ 인 경우가 가장 우수한 특성을 보였다. 이렇게 제안된 광분할 반사경의 전체 크기는 $15.0 \text{ mm} \times 47 \text{ mm} \times 8.8 \text{ mm}$ (폭 \times 넓이 \times 높이)이고, 기판과 커버의 오픈 각도는 각각 45° 와 108° 이다. 광분할 반사경 내부의 표면은 반사율이 약 90%인 알루미늄으로 코팅되어 있다. 그리고 광원은 Nichia-NSSW310T-S 모델의 백색광 LED를 사용하였으며, 스펙트럼과 방사각(viewing

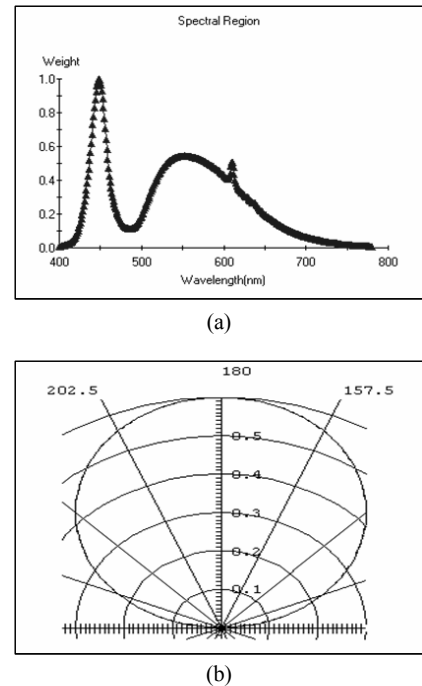
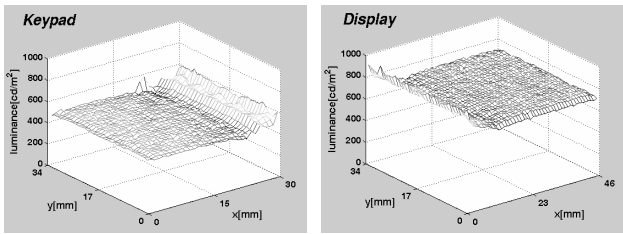


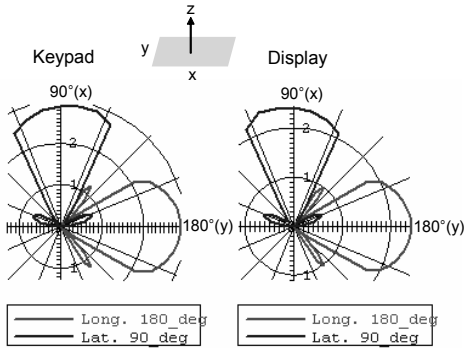
그림 3. 시뮬레이션에 사용된 광원의 (a) 스펙트럼 (b) 방사각.

angle)은 그림 3(a)와 3(b)에 나타나 있다.

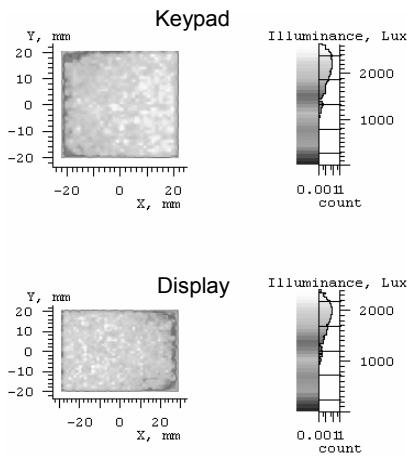
제안된 DBLU의 특성 분석을 통하여 광 세기의 공간 분포를 보여주는 휘도 분포도와 raster chart를 얻었고, 각도에 따른 광 성분 비율을 보여주는 line chart를 얻었다. 그림 4(a)는 계산된 휘도 분포를 도시한 그림으로, 평균 휘도와 휘도 균일도는 키패드부는 480 cd/m^2 와 75%, 디스플레이부는 740



(a)



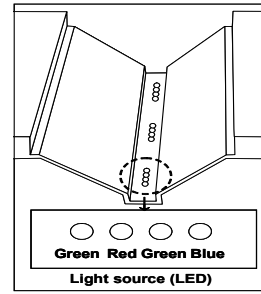
(b)



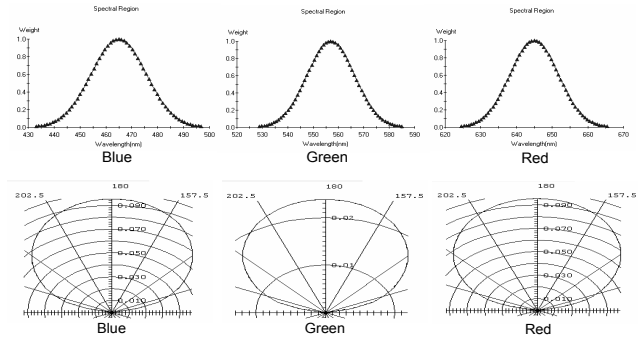
(c)

그림 4. 제안된 듀얼 DBLU의 특성 분석결과 (a) 휘도 분포도 (b) line chart (c) raster chart.

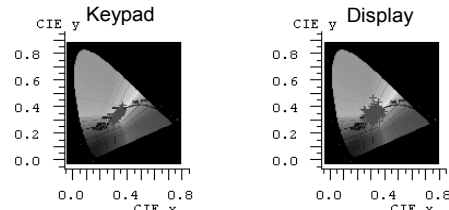
cd/m²와 74%이다. 두 영역 간에 휘도 차가 존재하는 이유는 디스플레이부에서 키패드부보다 더 높은 휘도를 얻기 위하여 광원을 디스플레이부 방향으로 약 5° 정도 의도적으로 기울였기 때문이다. 한편, 광원의 기울임이 없는 경우에는 키패드부의 면적이 디스플레이부에 비해 작기 때문에 키패드부의 휘도가 더 높게 된다. 그리고 그림 4(b)에 있는 line chart는 출력광의 각도에 따른 광도 분포를 보여준다. 즉, 키패드부와 디스플레이부의 평면에서 90°(x) 및 180°(y) 방향으로 움직이면서 스캔할 경우 얻어지는 수직 방향(z) 성분에 대한 다른 각도 성분의 상대적인 광도의 변화를 보여준다. 적절한 수직방향 빔 지향성이 얻어짐을 알 수 있다. 그림 4(c)에 도시된 raster chart는 그림 4(a)와 같이 조도(illuminance)



(a)



(b)



(c)

그림 5. R, G, B LED 색혼합을 통한 백색 광원 생성 (a) LED의 위치와 시뮬레이션 구조 (b) LED의 스펙트럼 및 방사각 (c) color triangle chart.

분포를 보여준다. 이 차트는 색상 에 따라 광의 세기를 나타내는데, 제안된 구조에서 계산된 여러 색상은 휘도가 균일하지 못함을 의미한다. 보다 높은 휘도 균일도를 얻기 위해서는 입사각에 따른 도광판 하부 패턴의 배열을 변경함으로써 가능할 것이다.

한편, 적색, 녹색, 청색의 LED를 이용하여 백색광을 구현하면 백색 광원만 사용할 경우에 비해 색재현율(NTSC 100% 이상)이 향상되어 선명한 화질을 구현할 수 있다. 그러나 이 경우에는 적절한 색 혼합을 위하여 일정한 간격과 적절한 LED 배치가 요구된다. 그리고 LED의 특성상 주위에 휘점(hot spot)이 유발된다.^[10] 이러한 문제점은 본 논문에서 제안된 구조를 적용한다면 해결될 수 있을 것이다. 즉, 그림 5(a)에 도시된 것처럼 광분할 반사경 내부에는 G, R, G, B 색 순서로 세 개의 세트의 LED가 배치되고, 입력 광은 광분할 반사경 내부를 진행하면서 혼합되어 백색광을 형성한 후 각각의 도광판에 입사되어 면광원을 생성한다. 사용된 R(LA-T676-Q2), G(LG-T670-Q2), B(LB-T670-M2) LED는 OSRAM사 제품으

로 파장 대역과 방사각은 그림 5(b)에 나타나 있다. 그리고 그림 5(c)는 디스플레이부와 키패드부에서 얻어지는 면광원의 색성분을 색 좌표계에 표시한 것을 보여준다. 이 색 좌표계에서 ‘x’모양으로 표시된 빨강색 영역은 디스플레이부와 키패드부에서 계산을 통해 얻어진 색성분에 해당하는 좌표 점들의 집합을 나타낸다. 이로부터 색 성분 좌표를 나타내는 x와 y는 평균적으로 0.33에 위치하며, 색상은 백색광과 거의 동일한 값을 가짐을 알 수 있다.

III. 소자의 제작 및 측정 결과

제안된 광분할 반사경 기반의 통합형 DBLU를 목업 공정을 이용하여 제작하였다. 먼저 시마트론(Cimatron 7.0)툴을 이용하여 상부 커버와 하부 기판으로 나누어 설계하였고, 목업용 설비 장비인 AEM-920AT을 이용하여 ABS(acrylonitrile butadien styrene)재질로 제안된 DBLU를 제작하였다. 광분할 반사경 표면은 효과적인 광반사를 위하여 약 90%의 반사율을 갖는 알루미늄 금속으로 코팅하였다. 제작된 광분할 반사경의 기판과 커버 구조가 그림 6에 도시되어 있다. 광원에 전원을 공급하기 위해 플라스틱 박스와 하부 기판에 지름 1 mm 크기의 홀 두 개를 만들었다. 광원은 LCD 백라이트에 사용되는 Top View 방식의 Chip Type LED(GL-D2WZ2-1SA) 5 개를 병렬로 연결하여 구현하였다. 한편, 실제 실험에 사용된 LED 광원의 모델은 시뮬레이션과 다르나 스펙트럼과 방사각은 동일하였다.

제작된 통합형 DBLU의 키패드부와 디스플레이부에 상용화된 도광 모듈을 설치한 후 Spectrascan® PR 705 장비를 이용하여 휘도 및 휘도 균일도를 측정하였다. 이 장비는 380 nm ~ 780 nm 파장 대역에서 조명성능 휘도 및 분포 측정용으로 사용된다. 이 때, 휘도 측정기에서 50 cm 떨어진 곳에 제작된 소자를 수직으로 세운 후 고정하였다. 그림 7(a)는 제작된 DBLU의 발광 사진을 보여준다. 예상대로 키패드부와 디스플레이부에서 동시에 적절한 면광원이 생성됨을 알 수 있다. 다음으로 휘도 균일도를 측정하기 위하여 그림과 7(a)와 같이 디스플레이부와 키패드부에서 각각 9곳을 선정한 후 각 지점에서 휘도를 측정하여 그림 7(b)에 나타내었다. 측정결과를 살펴보면, 평균 휘도 및 휘도 균일도는 키패드부는 각각 420 cd/m²와 69%였고, 디스플레이부는 각각 640 cd/m²와 79%였다.

다음으로 제작된 DBLU의 발광효율(LED가 사용한 소비전력 대비 백라이트를 통해 방출된 광속의 비)을 살펴보면, 키패드부는 2.56 lm/W, 디스플레이부는 5.98 lm/W였다. 얻어진 발광효율은 비교적 낮은 편인데, 반사경 표면의 제한된 반사율(~90%)과 가공된 반사경 표면의 낮은 균일도로 인한 광산란 등이 주요 원인으로 사료된다. 여기서, 반사경 내부를 진행하는 광이 불충분한 반사율로 인하여 약 35%의 광손실이 유발되는 것을 계산을 통하여 확인하였다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 금이나 은 등의 물질로 반사경 표면

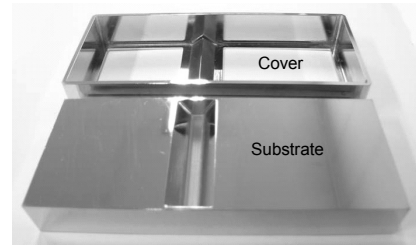
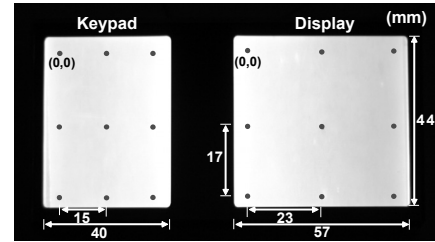
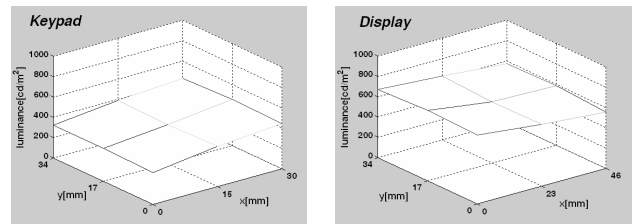


그림 6. 제작된 광분할 반사경의 커버와 기판.



(a)



(b)

그림 7. 구현된 통합형 DBLU의 발광 및 위치에 따른 휘도 (a) 발광 특성 (b) 휘도 분포.

을 코팅하여 반사율을 95% 이상 높임으로써 광손실을 줄여야 할 것이다. 또한, ABS 재질 대신에 알루미늄 등 금속으로 반사경을 만들어 가공된 표면의 균일도를 개선하는 것도 도움이 될 것이다.

IV. 결 론

본 논문에서는 단일 LED 광원에 광분할 반사경을 집적하여 통합형 DBLU를 구현하였다. 단일 광원에서 나온 광을 분할하여 디스플레이부와 키패드부의 BLU로 동시에 적용하였다. 측정된 평균 휘도 및 휘도균일도는 키패드부에서는 420 cd/m²와 69%이고, 디스플레이부에서는 640 cd/m²와 79%였다. 이러한 구조는 바 타입의 핸드폰, 듀얼 모니터, 형광등 등에 적용 가능할 것으로 예상된다.

감사의 글

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구결과(IIITA-2007-0701-0018)와 「서울시 산학연 협력사업」의 신기술 지원사업의 지원과 연구결과로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] M. Gebauer, P. Benoit, P. Knoll, and M. Neiger, "Ray tracing tool for developing LCD-backlights," *SID 2000 Digest*, pp. 558-561, 2000.
- [2] W. Folkerts, "LED backlighting concepts with high flux LEDs," *SID 2004 Digest*, pp. 1226-1229, 2004.
- [3] T. Ide, H. Numata, Y. Taira, H. Mizuta, M. Suzuki, M. Noguchi, and Y. Katsu, "A novel dot-pattern generation to improve luminance uniformity of LCD backlight," *J. Soc. Inf. Disp.*, vol. 11, pp. 659-665, 2003.
- [4] S. S. Ryu, C. Y. Lee, E. S. Lim, and S. H. Lee, "Light guide panel for backlight," U. S. Patent 6612722, 2003.
- [5] L. Hatjasalo and K. Rinko, "Light panel with improved diffraction," U. S. Patent 6773126, 2004.
- [6] C. H. Chien and Z. P. Chen, "Fabrication of a novel integrated light guiding plate by microelectromechanical systems technique for backlight system," *J. Microlith. Microfab. Microsyst.*, vol. 5, pp. 43011-43017, 2006.
- [7] D. Brown, R. Dean, and J. Brown, "LED backlight: design, fabrication and testing," *Proc. SPIE*, vol. 3938, pp. 180-186, 2000.
- [8] J. G. Chang, C. F. Lin and Y. B. Fang, "Solution strategy of optimal dot pattern design for light guide using in backlight," *Proc. SPIE*, vol. 6034, pp. 210-217, 2005.
- [9] LightTools® (ver. 5.3) User's Guide, Optical Research Associates, 2006.
- [10] H. Wu, N. Narendran, Y. Gu, and A. Bierman, "Improving the performance of mixed-color white LED systems by using scattered photon extraction technique," *Proc. SPIE*, vol. 6669, pp. 0501-0512, 2007.

Dual Backlight Unit Incorporating a Single Light Source Integrated with a Beam Splitting Reflector

Chan-Kyu Park, Hak-Soon Lee, and Sang-Shin Lee[†]

Department of Electronic Engineering, Kwangwoon University 447-1 Wolgye-Dong, Nowon-Gu, Seoul 139-701, Republic of Korea

[†]E-mail: slee@kw.ac.kr

(Received January 4, 2008, Revised manuscript February 14, 2008)

Dual backlight unit incorporating a single light source integrated with a beam splitting reflector was demonstrated, providing a surface light beam for both the keypad and the display section simultaneously. The reflector was realized by aligning a groove substrate with a matching cover, and a light guiding module comprising a stack of light guide panels and prism/diffuser sheets was attached to both sides of the reflector. A light emanating from the light source-placed in the middle of the substrate-undergoes a series of reflections through the reflector to reach the input of the light guiding module. Then it is transformed into a surface light beam, which is used to irradiate the keypad and display sections simultaneously. As for the accomplished dual surface light sources, the measured average luminance and the spatial luminance uniformity were respectively about 420 cd/m² and 69% for the keypad section, and 640 cd/m² and 79% for the display section.