

전사성을 고려한 휴대폰용 도광판의 광특성 향상에 관한 연구

도영수¹, 김종선², 황철진², 윤경환[#]

A Study on the Improvement of Optical Characteristics for Cellular Phone LGP Considering Replication ratio

Y. S. Do, J. S. Kim, C. J. Hwang and K. H. Yoon

Abstract

LGP is a key component of LCD back light unit because it determines the brightness and sharpness of display image. Usually, it has optical patterns fabricated on the bottom surface. In the present paper the LiGA-reflow method was applied to fabricate the LGP mold. Furthermore, the optical simulation considering the replication ratio of pattern height was applied to the pattern design. The optical simulation through systematic correction scheme helped find the optimum distribution of pattern density. Finally, the stamper fabricated by this method was installed in the mold and LGP was produced by injection molding. As a result of luminance measurement for the final product, the average luminance and luminance uniformity was measured 3,180 nit and 84%, respectively. Consequently, the mold fabrication method using the LiGA-reflow and optical simulation(CAE) can save the expense and time compared with the existing fabrication methods(laser ablation and chemical etching).

Key Words : Injection Molding (사출성형), BLU(Back Light Unit), LGP (Light Guiding Plate, 도광판),
Optical Pattern (광학패턴), LiGA - Reflow, Optical Simulation(광학해석)

1. 서 론

BLU(Back Light Unit)는 비발광형 디스플레이인 LCD의 배면 혹은 뒤쪽에 위치한 광원으로 LCD 패널에 백색의 면광을 공급하는 장치이다.

BLU는 반사판, 도광판, 확산시트, 프리즘시트, 보호시트 등으로 구성되어 있으며, 이중 도광판(LGP)은 광학패턴의 형성으로 선광원인 CCFL이나 점광원인 LED의 광을 면광원의 형태로 확산시키는 역할을 한다. 휴대폰용 도광판은 현재 도광판 금형 모재에 레이저가공(laser ablation)이나 화학약품을 이용한 부식(chemical etching)을 통하여 음각형태의 패턴을 가공하여 양각의 광학패턴이 성형된 도광판을 제작하는 방식이 대부분이다 [1, 2]. 이러한 방식을 통해 현재 제작되고 있는 도광

판 금형은 미리 정확한 해석이 어려워 일반적으로 시행착오법(Trial & Error)을 통해 제작되고 있다.

보통 6 번 이상의 금형수정을 거쳐 최종 양산금형이 제작되기 때문에 비용이나 시간 면에서 효율이 떨어지는 단점이 있다.

따라서 본 연구에서는 광학해석결과와 오차가 가장 적은 LiGA-reflow 공정을 이용한 2인치 휴대폰용 도광판 제작방식을 이용하여 다른 제작방식보다 쉽게 BLU의 평균 휘도 및 휘도균일도를 높일 수 있는 패턴밀도분포를 찾을 수 있는 방법으로 광학해석을 도입하였고, 광학해석의 정확도를 높이기 위해 균일한 패턴밀도의 금형을 제작하여 사출성형실험을 통해 패턴높이의 전사성과 두께 방향의 수축량을 측정하여 그 결과를 고려하여 광학설계에 이용하였다. 따라서 이를 통한 결과를 적

1. 단국대학교 기계공학과 *㈜LGS (현)

2. 한국생산기술연구원 정밀금형팀

교신저자: 단국대학교 기계공학과

E-mail : khyoon@dku.edu

용하여 균형제작을 함으로써 제작효율을 높이고 2 인치 도광판의 광특성을 향상시키고자 하였다.

2. 광학해석

본 연구에 사용된 도광판 모델은 Fig. 1 에 나타낸 것과 같이 휴대폰용 2 인치 모델(L 사 Model)을 사용하였으며 도광판 크기는 가로 33.4 mm, 세로 43.1 mm, 두께 0.8 mm 이다. 기존 양산되고 있는 도광판은 하부에 레이저가공을 통해 광학패턴 약 18 만개가 양각으로 가공되어 있으며, 광특성 합격기준치는 평균휘도 2,600 nit 이상 휘도균일도 80% 이상이다.

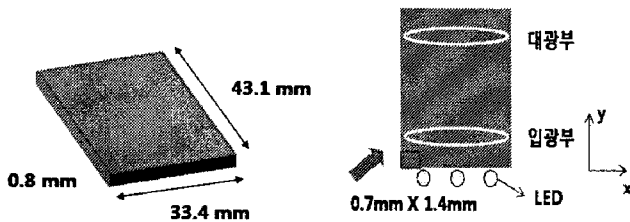


Fig. 1 Schematic diagram of the LGP.

2.1 LiGA-reflow 공정을 이용한 패턴설계

LiGA-reflow 공정을 이용한 2 인치 도광판의 패턴설계를 위해 먼저 기존의 레이저가공방식에 의해 가공된 패턴개수와 비슷한 173,649 개의 패턴을 입광부에서 대광부까지 밀도분포 차이가 없도록 Fig. 1 에 나타낸 것과 같이 0.7 mm X 1.4 mm 의 크기를 갖는 한 셀 안의 패턴개수를 126 개로 균일하게 배치하여 광학해석에 적용하였으며, 패턴

하나의 크기는 직경 40 μm , 높이 8.5 μm 으로 하였다.

광학해석 결과를 살펴보면 평균휘도는 2,863 nit, 휘도균일도는 72%로 나타났으며, Fig. 2 와 같이 입광부와 대광부의 휘도가 약 30%정도의 차이를 갖는 것을 알 수 있다.

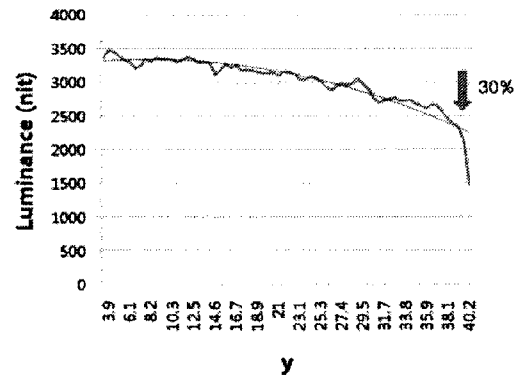


Fig. 2 Luminance distribution of the CAE. (uniform pattern density)

먼저 입광부 휘도에 비해 대광부의 떨어진 휘도 비율과 같이 대광부의 패턴밀도를 입광부에 비해 30% 증가시켜 광학해석에 적용하였으며, 휘도균일도를 높이기 위하여 대광부의 밀도를 60%, 120%, 180% 증가시킨 결과를 구하여 Table 1 에 정리하였다.

광학해석 결과를 살펴보면 대광부의 패턴밀도를 입광부보다 약 180% 올렸을 때 평균휘도 3,053 nit, 휘도균일도 83%의 결과를 얻어낼 수 있음을 알 수 있었다.

Table 1 Result of CAE simulation according to the pattern density.

	(a) 1 st test 30% up(R)	(b) 2 nd test 60% up(R)	(c) 3 rd test 120% up(R)	(d) 4 th test 180% up(R)
(1) Pattern Density				
(2) Luminance Distribution (CAE)				
Average Luminance	2610 nit	2691 nit	2897 nit	3053 nit
Luminance Uniformity	67%	71%	79%	83%

3. 사출성형

본 실험에서 사용된 사출기는 진화글로텍의 ESM-110 모델이며, 성형기의 최대 형체력은 110 ton, 최대 사출용량은 93 cm³인 인라인(In-line) 스크류식 사출 장치와 토글식 형체장치를 갖춘 전동식 사출 성형기이다. 또한, 수지는 Mitsubishi사의 PC (Polycarbonate, Luplion-HL4000)를 사용하였다. 성형조건은 도광판의 성형성을 고려하여 사출온도 340℃, 금형온도 130℃, 사출속도 110 mm/s, 보압 2,000 bar, 냉각시간 30 sec으로 하였다. 성형된 도광판의 광학패턴을 측정해본 결과 패턴지름의 경우는 보압이 달라짐에 따라 거의 차이 없이 설계치인 40 μm에 가까운 값을 갖는 것으로 측정되었고, 높이의 경우 Flow 방향에 따라 달라짐을 알 수 있다. 이는 음각 양각 패턴의 형상에 따른 사출성형공정에서 발생하는 성형성 차이에 의해서 발생하는 결과로 알려져 있다 [3]. 이러한 결과를 바탕으로 입광부에서 대광부까지의 패턴높이를 근사화하여 광학해석에 적용하여, 전사성을 고려하지 않았을 때의 해석결과와 비교하여 보았다. 또한, 사출성형된 도광판을 사용한 BLU 모듈을 휘도계를 이용해 정해진 9개의 지점에서의 평균휘도 및 휘도균일도를 측정하였다.

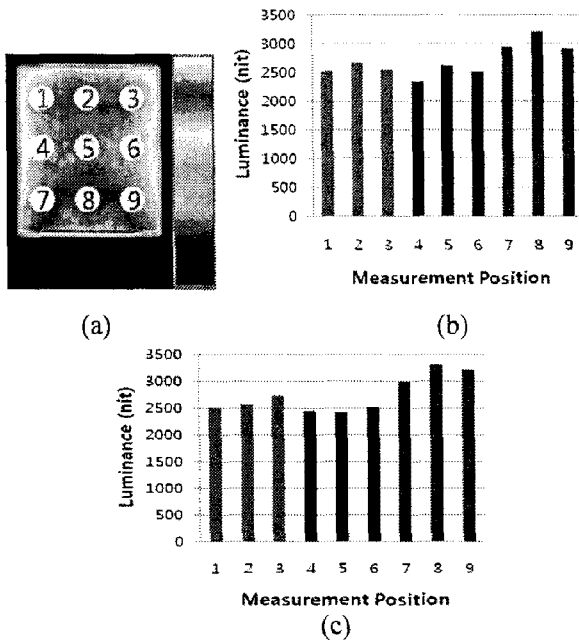


Fig. 3 (a)Luminance measurement points, luminance distributions by (b)the optical analysis and (c)actual luminance of BLU with pattern density considered replication ratio.

Fig. 3(a)는 전사성을 고려하여 각기 다른 패턴높이를 갖는 균일한 패턴 밀도를 적용한 광학해석 결과이며, 각 측정지점에서의 휘도를 Fig. 3(b)에 나타내었다. 또한 Fig. 3(c)는 휘도계를 이용해 같은 측정지점에서의 BLU의 실제휘도를 측정한 결과를 나타낸다.

전사성을 고려한 균일밀도의 광학해석 결과는 2,643 nit의 평균휘도와 77%의 휘도균일도를 갖는 것으로 나타났고 이는 전사성을 고려하지 않았을 때의 값인 평균휘도 2,863 nit, 휘도균일도 72%와 비교했을 때 도광판 중심부분의 패턴 전사성이 떨어지는 이유로 평균휘도가 떨어짐을 알 수 있으나 휘도균일도는 더 높아지는 것으로 나타났다.

실제 사출성형된 도광판을 조립한 BLU 모듈을 측정해본 결과 2,628 nit의 평균휘도와 67%의 휘도균일도로 나타났다. 최대휘도와 최소휘도의 비로 나타내는 휘도균일도만 입광부에서의 휘도차이에 의해 약간 다를 뿐 1~6번 지점에서 측정된 휘도를 살펴보면 그 값이나 분포가 전사성을 고려한 해석결과와 매우 유사함을 알 수 있다.

따라서 광학패턴 설계를 할 때 사출성형과정에서의 특징인 전사성 또한 고려해야 할 필요성이 있음을 알 수 있다.

4. 패턴설계를 통한 광특성 향상

전사성을 고려한 2인치 도광판의 패턴설계를 위해 먼저 전사성을 고려하지 않았을 때 찾았던 Table 1(d)의 패턴밀도에 도광판 유동방향에 따른 패턴크기를 적용한 후 광학해석을 진행하였다. 그 결과 평균휘도 2,869 nit, 휘도균일도 85%로 나타났으며, 이는 전사성을 고려하지 않았던 Table 1(d)의 결과인 평균휘도 3,053 nit, 휘도균일도 83%에 비해 평균휘도는 떨어지고 휘도균일도는 2% 정도 오른 결과이다.

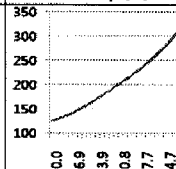
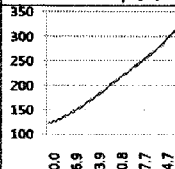
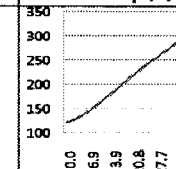
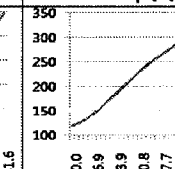
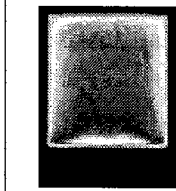
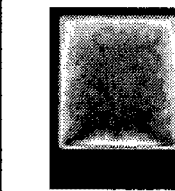
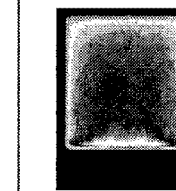
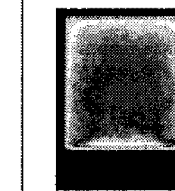
이러한 결과는 입광부의 전사성이 높는데 비해 중심부의 전사성이 낮은 패턴때문에 광효율이 떨어져 그만큼 도광판 상부로 빛을 반사시키는 양이 떨어지기 때문에 나타난 현상이다.

따라서 이를 고려하여 패턴밀도를 설계치인 8.5 μm와 각 지점에서의 패턴높이 차이에 따른 비율에 따라 전사성이 높은 부분은 그 비율만큼 패턴 밀도를 낮추고, 전사성이 낮은 부분은 그 비율만큼 패턴밀도를 높여 Table 2와 같이 그 값을 증가시키며 광학해석에 적용하였다.

전사성이 높았던 입광부의 패턴밀도(F)를 4% 낮추고, 전사성이 낮았던 중심부의 패턴밀도(C)를 24% 올린 결과 Table 2(d)와 같이 평균휘도 3,070 nit, 휘도균일도 90%를 보였다.

실제 BLU모듈의 결과가 평균휘도 3,180 nit, 휘도균일도 84%의 값을 가지며 평균휘도 3,070 nit, 휘도균일도 90%를 보인 광학해석결과와 약간 차이가 있음을 알 수 있었다.

Table 2 Result of CAE simulation after changing pattern density.

	(a) 1 st test 1% down(F) 6% up(C)	(b) 2 nd test 2% down(F) 12% up(C)	(c) 3 rd test 3% down(F) 18% up(C)	(d) 4 th test 4% down(F) 24% up(C)
(1) Pattern Density				
(2) Luminance Distribution (CAE)				
Average Luminance	2922 nit	2981 nit	3041 nit	3070 nit
Luminance Uniformity	88%	89%	89%	90%

5. 결론

후 기

본 실험을 통하여 얻을 수 있었던 결론은 다음과 같다.

(1) 사출성형을 통해 제작된 양각패턴을 가진 도광판의 패턴의 높이가 사출성형 특성 중 하나인 수축에 의해 각 측정지점에서 차이를 보임으로써 그 결과 최종도광판의 휘도균일도에도 영향을 미침을 알 수 있었고, 측정된 패턴높이를 근사화하여 광학해석에 적용해본 결과 실제 사출품을 휘도계로 측정한 각 지점에서의 휘도분포와 근사한 결과를 얻을 수 있었다.

(2) 전사성을 고려하여 광학해석으로 얻은 패턴밀도 분포를 이용한 금형제작을 통해 평균휘도 3,180 nit, 휘도균일도 84%의 결과를 얻었다. 이는 기존 도광판의 금형제작 방식에 비해, 광학해석 및 LiGA-reflow 방식을 이용한 제작방식이 패턴설계 및 금형제작에 있어 시간 및 비용을 줄일 수 있으며, 2 인치 도광판의 요구성능인 평균휘도 2,600 nit, 휘도균일도 80%이상을 만족시킬 수 있어, 다른 크기의 도광판 설계에도 적용시킬 수 있음을 보였다.

본 연구는 '서울시 산학연 협력사업(2006)'의 지원으로 수행되었습니다

참 고 문 헌

- [1] 도영수, 김종선, 고영배, 김종덕, 윤경환, 황철진, 2007, "도광판 금형의 제작 방법에 따른 사출금형 및 성형품의 표면특성에 관한연구", 한국소성가공학회지, 제16권 8호, pp. 596-602.
- [2] Kohler U., Guber A. E., Bier W., and Hecke M., 1996, "Fabrication of microlenses by plasmaless isotropic etching combined with plastic moulding.", Sensors and Actuators A, Vol.53, pp.361-363.
- [3] 김종선, 고영배, 김종덕, 윤경환, 황철진, 2007, "휴대폰용 도광판의 음각/양각 광학 패턴성형성 차이에 관한 연구", 한국광학회 하계학술대회, pp. 363-364.