

사출성형 특성을 고려한 2인치 휴대폰용 도광판 금형제작에 관한 연구

황철진[†] · 도영수 · 김종선 · 민인기 · 김종덕 · 윤경환

한국생산기술연구원 정밀금형팀, 단국대학교 기계공학과
(2008. 7. 15. 접수 / 2008. 11. 21. 채택)

Effects on the process factors of blow molding affects to the PET bottle

Chul-Jin Hwang[†] · Young-Soo Do · Jong-Sun Kim · In-Gi Min · Jong-Dug Kim ·
Kyung-Hwan Yoon

KITECH, Precision Dies & Molds Team, Department of Mechanical Engineering, Dankook University
(Received July 15, 2008 / Accepted November 21, 2008)

Abstract : Recently, many researches have been done to improve optical performance of LCD-BLU(Back Light Unit). One of the most important parts in LCD-BLU is LGP(Light Guiding Plate). Micro-patterned LGP is known to have different optical characteristics depending on their shape, pattern density and size, etc. In the present study, a micro-optical patterned LGP mold was fabricated using LiGA process. The difference in the optical characteristics between positive and negative patterned LGP's was investigated by fixing the density, location and size of each pattern. It was found that the negative patterned LGP showed better optical characteristics than positive one

Key Words : LGP(Light guiding plate), Optical characteristics, LCD-BLU, Liga-reflow, Replication ratio

1. 서 론

도광판(Light Guiding Plate, LGP)은 LCD 백라이트의 품질을 좌우하는 주요부품으로써, 측면에서 유입된 광이 전반사를 통하여 도광판 내부로 전달되고 도광판 후면의 광학패턴에 부딪힌 광이 산란되어 상부로 방출된다. 이때 상부로 방출되는 빛의 밝기와 분포를 제어하기 위하여 하부의 광학패턴을 조절하게 된다.

본 연구에서 초점을 맞춘 2인치 휴대폰용 도광판의 경우, 도광판 하부에 레이저를 이용(laser ablation)하거나 화학약품을 이용한 부식(chemical etching)을 통하여 양각형태로 도광판 금형의 광학패턴을 제작하는 방식이 대부분을 차지하고 있다.

레이저가공 및 부식공정을 통해 현재 제작되고 있는 도광판 금형은 미리 정확한 해석을 통해서가 시행착오법(Trial & Error)을 통해 제작되고 있다. 보통 6번 이상의 금형수정을 거쳐 최종 양산금형이

제작되기 때문에 비용이나 시간 면에서 효율이 떨어지게 된다.

본 연구에서는 사출과정에서의 특성인 flow 방향으로의 패턴 전사성을 고려하여 반구형의 광학패턴이 양각으로 가공된 LGP의 패턴분포를 광학해석 프로그램을 이용해 가상의 시행착오법을 통해 최적화 하였으며, 해석결과와 가장 유사한 결과를 보이는 LiGA-reflow 방식을 이용하여 금형을 제작하였다. 따라서 이 방식을 통해 2인치 휴대폰용 도광판의 금형제작에 있어 이용되는 광학해석의 정확성을 높이고, 이를 통한 결과를 적용하여 금형제작을 함으로서 효율을 높이고자 하였다.

2. 광학해석

본 연구에 사용된 도광판 모델은 Fig. 1에 나타난 것과 같이 휴대폰용 2인치 모델(LG - Innotek 092 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 18만개가 양각으로 가공되어 있다.

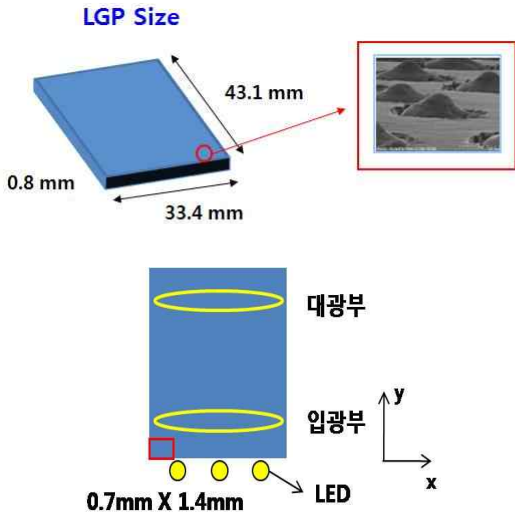


Fig. 1 Schematic diagram of the LGP

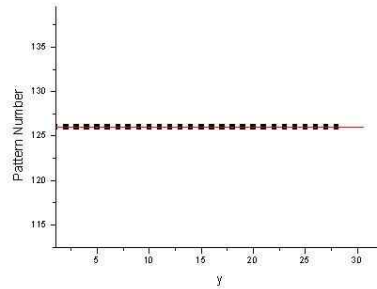
본 연구에 사용된 2 인치 휴대폰용 도광판의 광특성을 평가하기 위해 광학해석 프로그램인 OPTIS사의 SPEOS를 사용하였으며, 도광판 하부에 직경 40 mm, 높이 8.5 mm인 마이크로 렌즈를 적용하였고, 도광판에 양각으로 가공되는 경우를 조사하였다.

2.1 LiGA-reflow 공정을 이용한 도광판의 패턴 설계

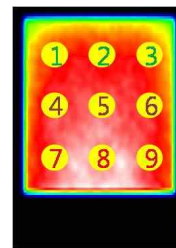
LiGA-reflow 공정[1]을 이용한 2인치 도광판의 패턴설계를 위해 먼저 Fig. 2(a)와 같이 기존의 레이저가공방식에 의해 가공된 패턴개수와 비슷한 173,649개의 패턴을 입광부에서 대광부까지 밀도분포 차이가 없도록 Fig. 1에 나타난 것과 같이 0.7 mm x 1.4 mm의 크기를 갖는 한 셀 안의 패턴개수를 126개로 균일하게 배치하여 광학해석에 적용하였다. 패턴하나의 크기는 직경 40 μm, 높이 8.5 μm으로 하였으며, Fig. 2(b)는 광학해석 결과로서 균일한 밀도를 가질 때의 휘도분포를 나타내며, Fig. 2(c)는 각 측정지점에서의 휘도를 나타내고 있다. 그 결과를 살펴보면 평균휘도는 2,863 nit, 휘도균일도는 72%로 나타났으며, 입광부에서 대광부의 휘도가 약 30%정도의 차이를 갖는 것을 알 수 있다.

대광부의 휘도를 올리기 위해 먼저 2인치 도광판

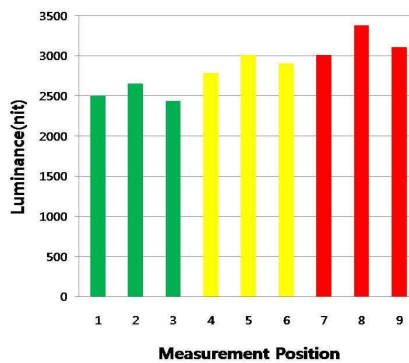
의 패턴밀도와 휘도의 관계를 파악하여 패턴설계의 최적화를 위한 광학해석을 진행하였다. 먼저 입광부 휘도에 비해 대광부의 떨어진 휘도 비율과 같이 대광부의 패턴밀도를 입광부에 비해 30% 증가시켜 광학해석에 적용하였으며, 휘도균일도를 높이기 위하여 대광부의 밀도를 60%, 120%, 180% 증가시킨 결과와 함께 Table 1에 정리하였다.



(a)



(b)



(c)

Fig. 2 (a)A uniform pattern distribution, (b)Luminance measurement points and (c)luminance distributions by the optical analysis.

광학해석 결과를 살펴보면 대광부의 패턴밀도를 바탕으로 패턴의 전사성(replication ratio)은 식 1과 입광부 보다 약 180% 올렸을 때 평균휘도 3,053 nit, 같이 금형에서의 패턴높이와 성형품에서의 패턴높

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

	(a) 30% up	(b) 60% up	(c) 120% up	(d) 180% up
(1) Pattern Density				
(2) Luminance Distribution (CAE)				
Average Luminance	2610 nit	2691 nit	2897 nit	3053 nit
Luminance Uniformity	67%	71%	79%	83%

휘도균일도 83%의 결과를 얻어낼 수 있음을 알 수 있다.

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. 성형 조건은 도광판의 성형성을 고려하여 사출온도 340℃, 금형온도 130℃, 사출속도 110 mm/s, 보압 2,000 bar, 냉각시간 30 sec 으로 하였다.

성형된 도광판의 광학패턴을 측정해본 결과 패턴 지름의 경우는 보압이 달라짐에 따라 거의 차이 없이 설계치인 40 μm에 가까운 값을 갖는 것으로 측정되었고, 높이의 경우엔 Fig. 3와 같이 Flow 방향에 따라 달라짐을 알 수 있다. 이는 음각 양각 패턴의 형상에 따른 사출성형공정에서 발생하는 성형성 차이에 의해서 발생하는 결과이다.[2] 이러한 결과를

이의 비로 정의 할 수 있다.

Table 2 Replication ratio of pattern(melt temp. 340℃).

Position	1	2	3	4	5	6	7
Replication ratio(%)	2.9	4.2	4.5	4.6	3.2	1.7	0.6

$$R_h(\%) = \frac{H-h}{H} \times 100 \quad (1)$$

H는 금형에서의 패턴높이를 나타내며, h는 성형품에서의 패턴높이를 나타낸다. 이 식을 바탕으로 Table 2에 각 측정지점에서의 패턴의 전사성을 정리하였다.

이 결과를 바탕으로 Fig. 5와 같이 입광부에서 대광부까지의 패턴높이를 근사화하여 광학해석에 적용하여, 전사성을 고려하지 않았을 때의 해석결과와 비교하여 보았다. 또한 사출성형된 도광판을 사용한 BLU 모듈을 휘도계를 이용해 정해진 9개의

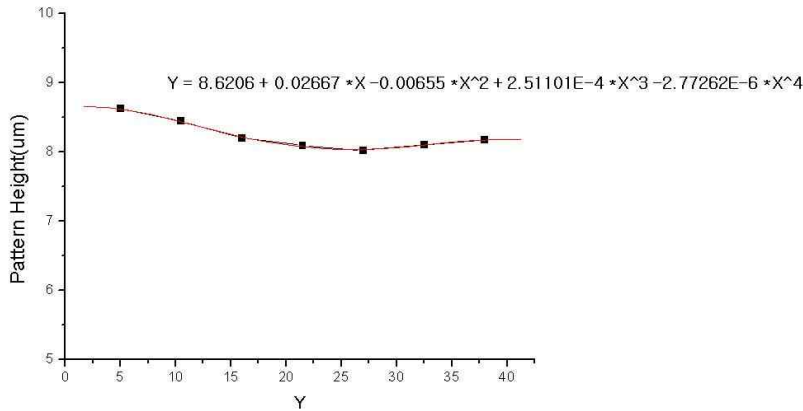


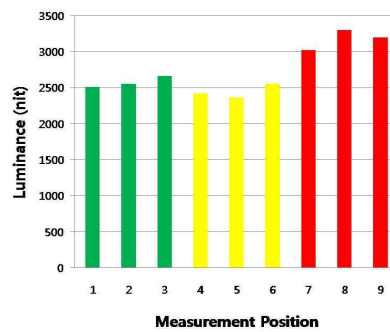
Fig. 3 Curve fitting of LGP pattern height.

지점에서의 평균휘도 및 휘도균일도를 측정하였다.

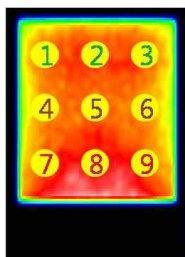
Fig. 4(a)는 전사성을 고려하여 각기 다른 패턴높이를 적용한 광학해석 결과이며, 각 측정지점에서의 휘도를 Fig. 4(b)에 나타내었다. 또한 Fig. 4(c)는 휘도계를 이용해 같은 측정지점에서의 휘도를 측정한 결과를 나타낸다. 전사성을 고려한 광학해석의 결과 2,643 nit의 평균휘도와 77%의 휘도균일도를 갖는 것으로 나타났고 이는 전사성을 고려하지 않았을 때의 값인 평균휘도 2,863 nit, 휘도균일도 72%와 비교했을 때 도광판 중심부분의 패턴 전사성이 떨어지는 이유로 평균휘도가 떨어짐을 알 수 있으나 휘도균일도는 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



(b)



(c)



(a)

Fig. 4 (a)Luminance measurement points, luminance distributions by (b)the optical analysis and (c)actual luminance of BLU with pattern density considered replication ratio.

Table 3 Result of CAE simulation according to the pattern density.

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

도 3,070 nit, 휘도균일도 90%의 결과를 보였다.

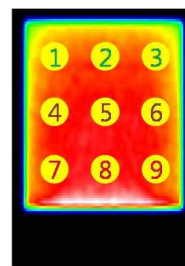
4. 패턴설계

때 사출성형과정에서의 특징인 전사성 또한 고려해야 할 필요성이 있음을 알 수 있다. 전사성을 고려한 2인치 도광판의 패턴설계를 위해 먼저 전사성을 고려하지 않았을 때 찾았던 Table 1(d)의 패턴밀도에 Fig. 3의 패턴 근사식을 이용하여 패턴의 크기 조절한 후 광학해석을 진행하였다. 그 결과 평균휘도 2,869 nit, 휘도균일도 85%로 나타났으며, 이는 전사성을 고려하지 않았던 Table 1(d)의 결과인 평균 휘도 3,052 nit, 휘도균일도 83%에 비해 평균휘도는 떨어지고 휘도균일도는 2% 정도 오른 결과이다.

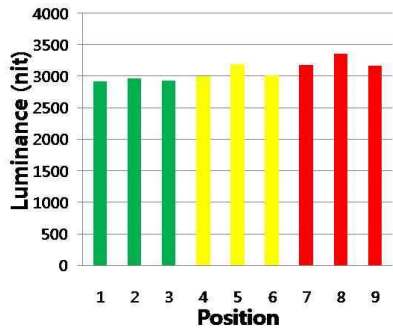
이러한 결과는 입광부의 전사성이 높는데 비해 중심부의 전사성이 낮은 패턴때문에 광접촉면적이 떨어져 그만큼 도광판 상부로 빛을 반사시키는 양이 떨어지기 때문에 나타난 현상이다. 따라서 이를 고려하여 패턴밀도를 설계치인 8.5 μm과 각 지점에서의 차이에 따른 비율에 따라 전사성이 높은 부분은 밀도를 낮추고 전사성이 낮은 부분은 패턴밀도를 높여 Table 3과 같이 그 값을 증가시키며 광학해석에 적용하였다. 전사성이 높았던 입광부의 패턴밀도(F)를 4% 낮추고, 전사성이 낮았던 중심부의 패턴밀도(C)를 24% 올린 결과 Table 3(d)와 같이 평균 휘

또한 Fig. 5(b)에 그 휘도분포를 나타내었다.

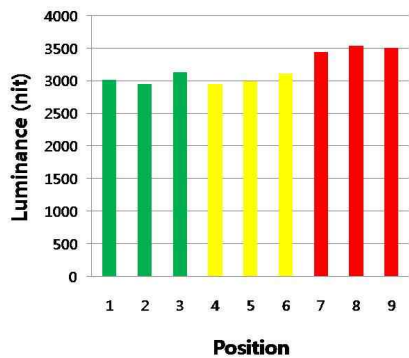
Fig. 5(c)는 사출성형에 의해 제작된 도광판이 조립된 BLU 모듈의 실제 휘도측정결과를 나타낸다. 실제 BLU모듈의 결과가 평균휘도 3,180 nit, 휘도균일도 84%의 값을 가지며 평균휘도 3,070 nit, 휘도균일도 90%의 결과를 보인 광학해석결과와 약간 차이가 있음을 알 수 있었다. 이는 입광부의 결과차이에 의해서 나타나는 것으로 추후 이 부분에 대한 연구가 필요하다. 하지만 중심부와 대광부의 휘도분포는 광학해석결과와 유사한 값을 가지는 것을 알 수 있다.



(a)



(b)



(c)

Fig. 5 (a) Luminance measurement points, luminance distributions by (b)CAE and by (c)the luminance meter(PR-670).

5. 결론

본 실험을 통하여 얻을 수 있었던 결론은 다음과 같다.

- (1) 사출성형을 통해 제작된 음각패턴을 가진 도광판의 패턴의 높이가 각 측정지점에서 차이를 보임으로서 그 결과 휘도균일도에도 영향을 미침을 알 수 있었고, 측정된 패턴높이를 근사화하여 광학해석에 적용해본 결과 실제 휘도계로 측정한 각 지점에서의 휘도분포와 유사한 결과를 얻을 수 있었다.
- (2) 전사성을 고려하여 광학해석으로 얻은 패턴밀도 분포를 이용한 금형제작을 통해 평균휘도 3,180 nit, 휘도균일도 84%의 결과를 얻었다. 이

는 기존 도광판의 금형제작 방식에 비해, 광학해석 및 LiGA-reflow 방식을 이용한 제작방식이 금형제작에 있어 시간 및 비용을 줄일 수 있음을 보여준다.

후 기

본 연구는 한국생산기술연구원 주관의 생산기술 연구사업 중 중소기업과제'국부급냉요소 적용 게이트 자동절삭 중소형 도광판 금형기술'및 서울시가 주관하는'차세대 감성형 디지털 정보 디스플레이 혁신 클러스터 구축과제'의 지원으로 수행되었으며, 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- (1) U. Kohler, A. E. Guber, W. Bier, and M. Hecke, "Fabrication of microlenses.", Sensor Actuact. A, Vol.53, pp.361~363, 1996
- (2) 김종선, 고영배, 김종덕, 윤경환, 황철진, 휴대폰용 도광판의 음각/양각 광학 패턴 성형성 차이에 관한 연구, 한국광학회 하계학술대회, pp. 363-364, 2007.