

휴대폰용 2인치 LCD-BLU의 광특성에 미치는 광학패턴 세장비의 영향 연구 : I. 광학 해석 및 설계

황철진^{1,#}, 고영배¹, 김종선¹, 윤경환²

A Study on the Effect of Optical Characteristics in 2 inch LCD-BLU by Aspect Ratio of Optical Pattern : I. Optical Analysis and Design

C. J. Hwang, Y. B. Ko, J. S. Kim, K. H. Yoon

Abstract

LCD-BLU (Liquid Crystal Display - Back Light Unit) is one of kernel parts of LCD unit and it consists of several optical sheets(such as prism, diffuser and protector sheets), LGP (Light Guiding Plate), light source (CCFL or LED) and mold frame. The LGP of LCD-BLU is usually manufactured by forming numerous dots with 50~200 um in diameter on it by etching process. But the surface of the etched dots of LGP is very rough due to the characteristics of the etching process during the mold fabrication, so that its light loss is high along with the dispersion of light into the surface. Accordingly, there is a limit in raising the luminance of LCD-BLU. In order to overcome the limit of current etched dot patterned LGP, optical pattern design with 50um micro-lens was applied in the present study. The micro-lens pattern fabricated by modified LiGA with thermal reflow process was applied to the optical design of LGP. The attention was paid to the effects of different aspect ratio (i.e. 0.2~0.5) of optical pattern conditions to the brightness distribution of BLU with micro-lens patterned LGP. Finally, high aspect ratio micro-lens patterned LGP showed superior results to the one made by low aspect ratio in average luminance.

Key Words : Injection Molding (사출성형), LGP (Light Guiding Plate, 도광판), Optical Design (광학설계), Micro-lens (마이크로렌즈), LiGA

1. 서론

LCD (liquid crystal display)는 휴대폰용 디스플레이 시장을 대부분 차지하고 있다고 해도 과언이 아니다. 이와 같은 LCD는 크게 액정 패널, 구동회로, BLU (Back Light Unit)로 구성되고, 이중 액정 패널은 컬러 필터, 배향막, 액정층, TFT (Thin Film Transistor), 액정 용액 등으로 구성 되어 있고, 이중 BLU는 Fig. 1에 도시된 것과 같이 반사판, 도광판, BEF (Brightness Enhancement Film), 보호시트 등으로 구성되어 있다.

이중에서 BLU의 구성 부품 중 도광판은 선광원인 CCFL이나 점광원인 LED의 광을 면광원으로 만들어 주는 역할을 한다. 기존의 휴대폰용 도광판은 도광판 하부에 확산 개별 광학패턴을 인쇄하거나 주로 부식에 의한 광학패턴을 주로 사용해왔다.

하지만 Fig. 2와 같이 기존에 사용되고 있는 부식패턴은 그 제작공정의 특성상 개별 광학패턴의 표면이 매우 거칠기 때문에 표면에서 빛이 산란되어 손실되는 비율이 높아, LCD-BLU의 효율을 높이는데 한계가 있으며, 부식 공정의 특성상

1. 한국생산기술연구원 정밀금형팀
2. 단국대학교 기계공학과
교신저자 : 한국생산기술연구원 정밀금형팀.
E-mail : cjhwang@kitech.re.kr

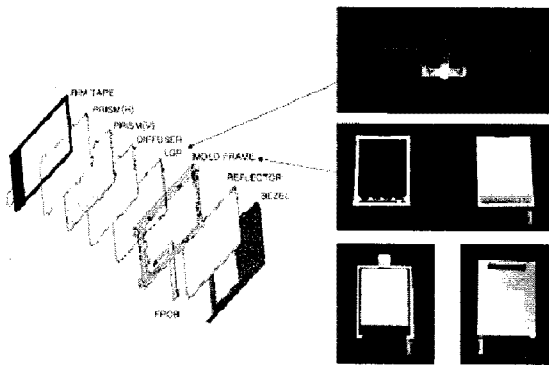


Fig. 1 A schematic diagram of LCD-BLU.

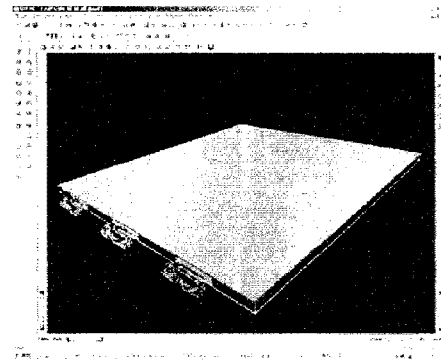
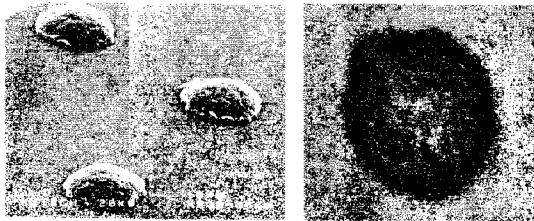
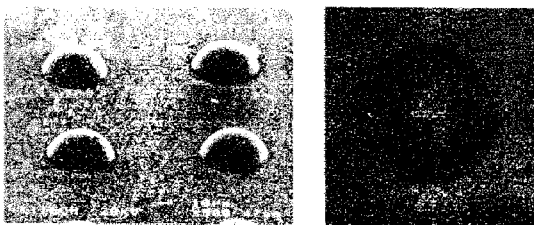


Fig. 3 Simulation model of micro-lens patterned LGP by SPEOS.



(a)



(b)

Fig. 2 SEM and optical microscope images of (a) etched dot and (b) micro-lens patterns.

도광판에 양각의 부식 패턴만이 가능하다. 또한, 개별 광학패턴의 크기 등 형상의 균일도 문제 때문에 개별 광학패턴 패턴의 정밀한 제어를 통한 고휘도의 도광판 개발이 힘들다는 사실은 아주 잘 알려져 있다.

따라서, 본 연구는 이와 같은 기존의 도광판의 한계를 뛰어넘기 위하여, 광학설계를 통한 최적화와 도광판의 핵심 광학 기술인 광학 패턴의 생성 방법을 패턴제어가 가능하고 표면 거칠기가 수 나노급으로 가공할 수 있는 UV LIGA 공정기술을 이용하여 직경 수십 마이크로급의 마이크로 렌즈 패턴을 개발함과 동시에 이와같이 만들어진 마이크로 렌즈 패턴의 세장비를 조절함으로써 도광판의 광특성에 미치는 영향을 밝히는 것을 목적으로 하였다.

2. 광학해석

2 인치급 도광판을 설계하기 위해서 본 연구에서는 직경이 50 μm 인 반구형 마이크로 렌즈를 적용하였고, 휘도 조절은 광학패턴의 밀도를 조절하는 방법을 사용하여 광학패턴이 설계되었다. 이와같은 설계에 의해 본 연구에 적용한 2 인치급의 도광판에는 99,863 개의 반구형 마이크로 렌즈가 적용되었다. 또한, 설계된 도광판의 광학 특성을 평가하기 위해 광학 해석 프로그램인 OPTIS 사의 SPEOS 를 사용하였으며 광학해석 모델은 Fig. 3 과 같은 전체 도광판 구조 중 백색 LED 3 개, 0.8 mm 의 일정한 두께를 가진 도광판, 배면의 반사시트로 되어있으며, 입광부는 피치 50 μm , 높이 25 μm 의 프리즘 패턴이 적용되었다. 또한, 도광판에 사용된 수지는 미쯔비시사의 H3700R 로 굴절률이 1.59 인 PC 를 사용하였다. 이와 같은 조건을 바탕으로 Fig. 3 과 같은 SPEOS 도광판 해석 모델이 완성되었다. 해석 과정은 동일한 패턴 밀도와 지름 50 μm 를 가지는 반구형 마이크로 렌즈를 사용하였고 마이크로 렌즈의 높이가 각각 10 μm , 15 μm , 20 μm , 25 μm 를 가지는 음각 및 양각의 광학 패턴이 가공되는 경우를 해석하였다. 해석결과는 photometry 관점에서 Fig. 4(a)와 같이 단위면적을 통과하는 radiation flux 를 측정하는 spatial luminance (휘도) 와 Fig. 4(b)와 같이 시야각을 볼 수 있는 angular luminance 를 해석하였다. 또한 각각의 해석결과는 Fig. 5(a)와 Fig. 5(b)와 같은 척도(scale)를 사용하였다.

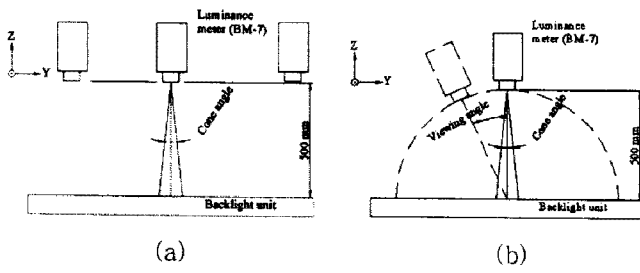


Fig. 4 Measurement method of (a) spatial luminance and (b) angular luminance.

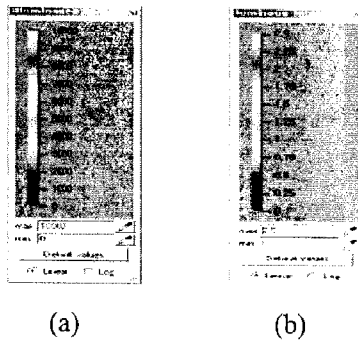


Fig. 5 The scale for (a) spatial luminance and (b) angular luminance.

먼저 현재 부식에 의해서 만들어지는 도광판에 많이 쓰였던 광학패턴이 도광판의 양각으로 성형된 경우의 광학 해석 결과는 Fig. 6 과 같다. 양각의 광학 패턴을 가진 도광판의 경우 세장비 (aspect ratio)가 0.2로 낮은, 즉 10 μm 높이의 반구형 마이크로 렌즈 광학패턴을 가진 경우 평균휘도가 1786 nit 를 보이나, 세장비가 0.5 인 높이 25 μm 의 반구형 마이크로 렌즈 광학패턴을 적용하면 약 3818 nit 로 2 배에 가까운 평균휘도의 증가를 얻을 수 있다. 하지만 기존의 부식공정의 경우 언더컷 때문에 광학패턴의 높이를 15 μm 이상 올리기가 힘들어 도광판에 입사되는 광을 최대한 이용하지 못하고 있는 실정이다.

또한 도광판에 음각으로 광학 패턴을 성형한 경우는 Fig. 7 과 같이 광 이용도 면에서는 기존의 양각 도광판 보다 우수한 것을 볼 수 있다. 현 광학 패턴상에서 10 μm 의 음각 광학패턴의 경우 평균 휘도가 약 4909 nit 로 세장비가 0.5 인 양각 도광판의 평균휘도를 넘어서고 있으며, 휘도 균일도도 60%로 큰 차이를 보이고 있지 않다.

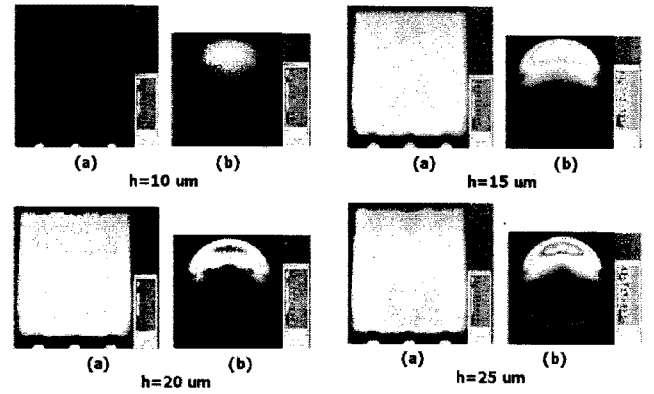


Fig. 6 Simulation result of (a) spatial luminance and (b) angular luminance in positive micro-lens patterned LGP.

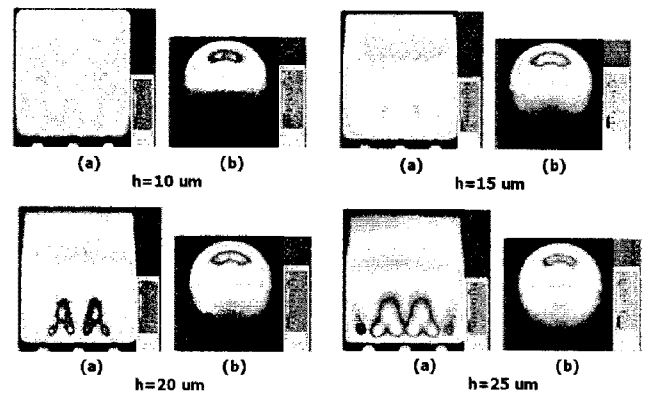


Fig. 7 Simulation result of (a) spatial luminance and (b) angular luminance in negative micro-lens patterned LGP.

이상의 결과를 table 1, 2 에 정리해보면, 현 설계 패턴의 경우 양각 BLU 의 경우는 마이크로 광학패턴의 높이를 25 μm 로 성형했을 때 높은 휘도와 균일도를 확보할 수 있으며, 음각의 BLU 의 경우 마이크로 광학패턴의 높이를 증가 시킬수록 휘도는 상승하나, 또 다른 고려사항인 균일도를 충족시킬 수 없기 때문에 균일도 확보 측면에서 마이크로 광학패턴의 높이를 10 μm 로 성형 할 수 있는 금형을 제작해야 한다. 본 결과에서 볼 수 있듯이 같은 광학 설계에서 단순히 광학 패턴을 음각이나 양각으로 성형 방법만 바꾸어서는 최적의 광학효과를 얻을 수 없으며 양각 BLU 과 음각 BLU 은 광학 설계가 달라야 함을 알 수 있다.

Table 1 Simulation result of luminance and optical quality in positive micro-lens patterned LGP

	Positive patterned LGP			
Pattern height (um)	10	15	20	25
Contrast	0.24	0.24	0.22	0.24
Average luminance (nit)	1786	3470	3641	3818
Luminance uniformity (%)	62	62	64	61
Coefficient of light utilization (%)	21	42	43	46
Viewing angle (°)	32	20	23	21

Table 2 Simulation result of luminance and optical quality in negative micro-lens patterned LGP

	Negative patterned LGP			
Pattern height (um)	10	15	20	25
Contrast	0.25	0.31	0.45	0.57
Average luminance (nit)	4909	5649	5955	6053
Luminance uniformity (%)	60	52	36	27
Coefficient of light utilization (%)	58	65	68	69
Viewing angle (°)	30	30	30	30

4. 결론

기존에 사용되고 있는 부식에 의한 광학 패턴을 대체하기 위해 도입한 마이크로 렌즈형태의 광학 패턴의 경우 부식 패턴에 비해 세장비를 높일 수 있는 장점을 가지고 있으며, 이렇게 만들어진 높은 세장비는 기존에 설계되어 있는 양각의 도광판의 광학패턴을 대체하여 보다 고휘도의 도광판을 생산할 수 있다는 결과를 얻었다. 하지만 높은 세장비를 가지는 마이크로렌즈 형태의 광학 패턴의 경우 사출성형 공정에서 광학 패턴의 충진률이 떨어질 수 있는 문제를 가지고 있어 사출

성형 공정에서 세심한 주의가 필요할 것으로 생각된다. 또한 높은 세장비를 가지는 광학 패턴의 대안으로 기존에 사용되고 있는 양각의 광학패턴보다 광 이용도가 뛰어난 음각의 광학 패턴의 도입을 통해 고휘도의 LCD-BLU 개발이 가능함을 보여주었다.

후 기

본 연구는 2010 생산기반혁신기술개발사업 중 <기능성 고분자소재 성형용 마이크로 금형시스템 과제>의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] Wu, M-H and Whitesides, G.M., 2002, Fabrication of two-dimensional arrays of microlenses and their applications in photolithography, J. of Micromechanics and Microengineering, Vol. 12, pp. 747-758.
- [2] Hecke, M and Schoburg, W.K., 2004, Review on micro molding of thermoplastic polymers, J. of Micromechanics and Microengineering, Vol. 14, pp. R1-R14.
- [3] Kim, D. S., Yang, S. S., Lee, S. K., Kwon, T. H. and Lee, S. S., 2003, Physical modeling and analysis of microlens formation fabrication by a modified LIGA process, J. of Micromechanics and Microengineering, Vol. 13, pp. 523-531.
- [4] Moon, S., Lee, N. and Kang, S., 2003, Fabrication of a microlens array using micro-compression molding with an electroformed mold insert, J. of Micromechanics and Microengineering, Vol. 13, pp. 98-103.
- [5] Su, Y. C., Shah, J and Lin, L., 2004, Implementation and analysis of polymeric microstructure replication by micro injection molding, J. of Micromechanics and Microengineering, Vol. 14, pp. 415-422.