

# 음각, 양각 광학패턴 적용 휴대폰용 도광판 금형 제작 및 광특성 연구

황철진<sup>1,\*</sup> · 김종선<sup>2</sup> · 강정진<sup>1</sup> · 홍석관<sup>1</sup> · 윤경환<sup>3</sup>

1: 한국생산기술연구원 융합생산기술연구부, 2: 한국생산기술연구원 금형기술지원센터,  
3: 단국대학교 기계공학과  
(2007. 12. 27. 접수 / 2008. 2. 28. 채택)

## Replication of concave and convex microlens array of light guide plate for liquid crystal display in injection molding

Chul Jin Hwang<sup>1,\*</sup> · Jong Sun Kim<sup>2</sup> · Jeong Jin Kang<sup>1</sup> · Seokkwan Hong · Kyung Hwan Yoon<sup>3</sup>

1: KITECH, Manufacturing Convergence Technology R&D Department, 2: KITECH, Mold & Die Technology Service Center, 3: Department of Mechanical Engineering, Dankook University

(Received December 27, 2007 / Accepted February 28, 2008)

**Abstract :** A back light unit (BLU) is a key module of a thin film transistor liquid crystal display (TFT-LCD), frequently utilized in various mobile displays. In this study, we experimentally characterize transcription and optical properties of concave and convex microlens arrays (MLAs) of light guide plate (LGP) fabricated by injection molding with polycarbonate as a LGP substrate material. Nickel mold inserts were manufactured by electroforming on the MLA which was fabricated by the thermal reflow of photoresist microstructures patterned by UV-photolithography. For the case of convex microlens, the height of replicated microlens was less than that of the mold insert while maintaining almost the same microlens diameter of the mold insert as the location of the microlens is far from the gate. In contrast, for the concave microlens, the diameter of replicated microlens was larger than that of mold insert, while showing almost the same microlens height as the mold insert. From the optical examination of replicated convex and concave MLAs, it was found that a higher luminance of the LGP was achieved by the concave MLAs compared to the convex MLAs (about 30% enhancement in this case) due to the utilization of a larger amount of light provided by the light sources.

**Key Words :** Concave microlens array, Injection molding, Light guide plate, Liquid crystal display, Replication

### 1. 서 론

휴대폰 및 모니터용 LCD(liquid crystal display)는 디스플레이 시장을 대부분 차지하고 있다고 해도 과언이 아니다. LCD에 사용되는 액정패널은 자발광 방식이 아니기 때문에 액정패널 뒤쪽에 발광원인 백라이트(backlight)를 설치하거나 자연광의 반사방식을 택한다. 현재 주로 사용하고 있는 BLU(backlight unit)는 반사판, 도광판(LGP, Light Guide late), 확산시트(Diffuser sheet) BEF(Brightness Enhancement Film), 보호시트 및 광원으로 구성되어

있다.

도광판은 광원에서 방출된 광선이 도광판 평면 전체에 도달하도록 인도하여 균일한 휘도분포를 가지게 하고, 동시에 전면으로 반사하게 하여 LED에 의한 점광원을 면광원의 형태로 바꾸어 주는 역할을 한다. 도광판 평면의 균일한 휘도 분포와 휘도를 증대시켜주기 위하여 프리즘시트 등 여러 종류의 광학 시트들이 사용된다. 도광판은 그 자체만으로는 광원에서 방출된 광선이 도광판 전체 면에 균일한 분포를 이룰 수 없기 때문에 하부에 확산 dot를 인쇄하거나 주로 에칭에 의한 광학패턴을 주로 사용

해왔다. 하지만 Fig. 1과 같이 기존에 사용되고 있는 에칭패턴은 그 제작공정의 특성상 dot의 표면이 매우 거칠기 때문에 표면에서 빛이 산란되어 손실되는 비율이 높아, LCD-BLU의 효율을 높이는 데 한계가 있으며, 에칭 공정의 특성상 도광판에 양각의 에칭패턴만이 가능하다. 또한, dot의 크기 등 형상의 균일도 문제 때문에 dot 패턴의 정밀한 제어를 통한 휘도의 도광판 개발이 힘들다는 사실은 아주 잘 알려져 있다.

따라서 본 연구에서는 이와 같은 기존의 도광판의 제작방법을 벗어나, 광학설계를 통한 최적화와 도광판의 핵심 광학 기술인 광학 패턴의 생성방법을 패턴제어가 가능하고 표면 거칠기가 수 나노 급으로 가공할 수 있는 UV-LiGA 공정기술을 이용하여 2인치용 휴대폰에 적용할 수 있는 직경 50  $\mu\text{m}$ 급의 마이크로 렌즈 패턴을 개발함과 동시에 이와 같이 만들어진 마이크로 렌즈 패턴을 도광판에 음각과 양각으로 제작하고 그 영향에 대하여 광학적 특성을 비교하였다.

## 2. 광학해석

2인치 휴대폰용 도광판의 패턴 설계는 직경이 50  $\mu\text{m}$ 인 반구형 마이크로 렌즈를 적용하였으며, 휘도 조절은 광학패턴의 밀도를 조절하는 방법을 사용하였다. 설계에 사용된 총 패턴의 수는 99,863개이며 패턴의 광 특성을 평가하기 위해 광학 해석 프로그램인 OPTIS사의 SPEOS를 사용하였다. 해석모델은 백색 LED 3개, 0.8 mm의 일정한 두께를 가진 도광판, 배면의 반사시트로 되어있으며, 입광부는 피치 50 $\mu\text{m}$ , 높이 25  $\mu\text{m}$ 의 프리즘 패턴이 적용되었다. 또한, 도광판에 사용된 수지는 Mitsubishi社의 H3700R로 굴절률이 1.59인 PC를 사용하였다. 해석 과정은 동일한 패턴 밀도와 반경을 가지는 마이크로렌즈에 대하여 도광판에 음각과 양각으로 가공되는 경우를 모사하였다. 모사에 대한 휘도의 평가는 photometry 관점에서 Fig 2(a)와 같이 단위면적을 통과하는 radiation flux를 측정하는 spatial luminance(휘도)와 Fig. 2(b)와 같이 시야각을 볼 수 있는 angular luminance를 모사하였다.

## 3. 금형(Stamper)의 제작

본 연구에서 응용된 금형 가공방법은 응용 LiGA

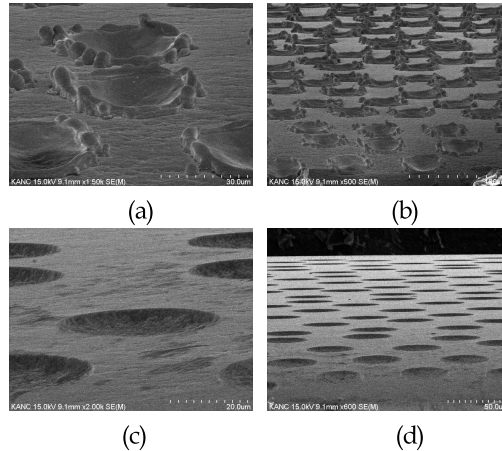


Fig. 1: SEM images of (a),(b) laser etching pattern and (b),(c) chemical etching pattern.

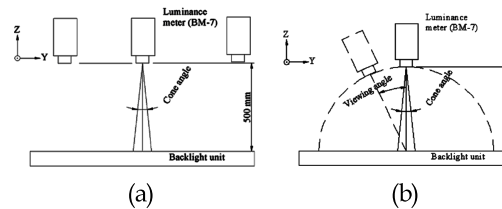


Fig. 2: Measurement method of (a) spatial luminance and (b) angular luminance.

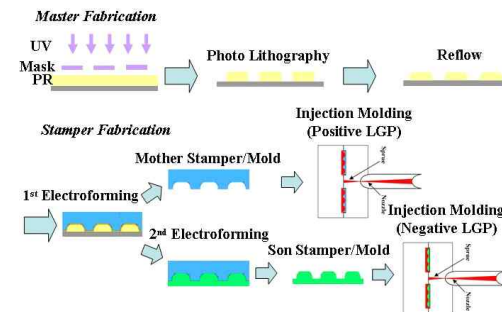


Fig. 3: Schematic diagram of LiGA-reflow process.

를 변형한 공정으로 Fig. 3에 나타내었다. 먼저 웨이퍼 기판 위에 spin coating을 하여 감광제(Photo resist, 이하 PR)를 균일한 두께로 도포한다. 그리고 패턴이 새겨진 마스크를 맞추고 그 위에 자외선(UV)를 이용하여 노광과정을 거치면 원기둥 모양의 PR 구조물을 얻는다(Fig. 4(a)). 이를 유리전이 온도( $T_g$ )보다 높은 온도로 유지되는 오븐에서 일정시간 동안 reflow를 시키면 표면장력에 의해 마이크로 렌즈 형상으로 가공된다.(Fig. 4(b)) 이러한

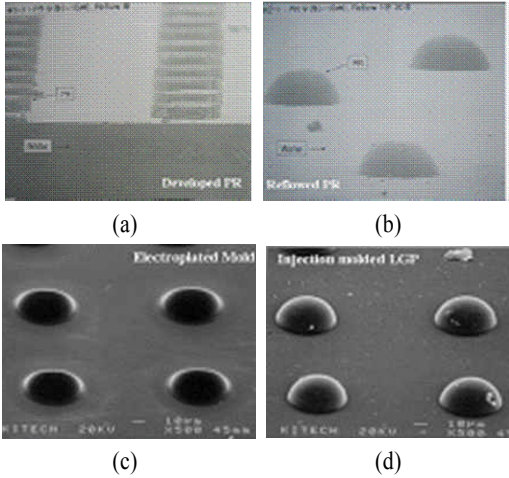


Fig. 4: SEM image of (a) developed PR, (b) reflowed PR, (c) electroplated mold and (d) injection molded LGP.

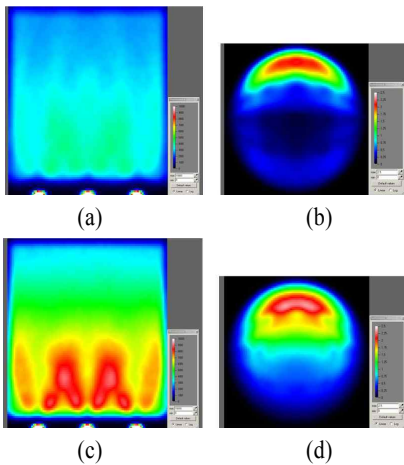


Fig. 5: The Simulation result of positive((a), (b)) and negative((c), (d)) patterned LGP( $h = 20 \mu\text{m}$ ). ((a), (c): spatial luminance, (b),(d): angular luminance)

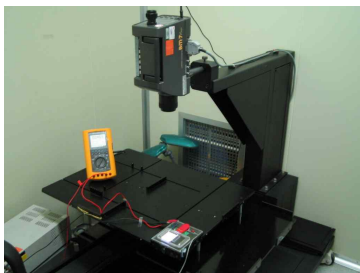


Fig. 6: Measurement of luminance by BM7.

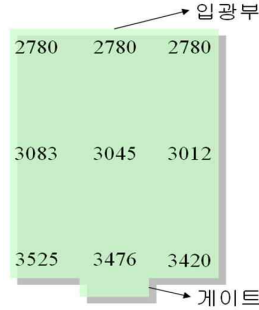


Fig. 7: Measurement result of spatial luminance for positive patterned LGP.

LiGA-reflow공정은 마이크로 수준의 렌즈형상을 가공함에 있어서는 간단한 방법이지만 수 나노 급의 표면 거칠기를 갖게 되는 우수한 특징을 가지고 있다. 이와 같이 LiGA-reflow공정을 통해 얻은 마이크로 렌즈 형상의 PR 구조물은 마이크로 패턴을 그대로 복제하는 전주공정을 통해 father 스탬퍼 즉, 음각패턴이 새겨진 금형을 얻을 수 있으며, 이렇게 만들어진 음각 금형에 전주공정을 한번 더 수행하면 양각의 마이크로 렌즈 패턴을 가지는 mother 스탬퍼 즉, 양각 금형을 만들 수 있다(Fig. 4(c)). 이렇게 만들어진 금형에 사출 공정을 수행하면 micro-lens 패턴을 가진 도광판이 완성되게 된다(Fig. 4(d)).

#### 4. 사출 성형

본 실험에 사용된 사출성형기는 FANUC社의 ROBOSHOTi, 50 ton을 사용하였으며, 도광판에 사용된 수지는 Mitsubishi社의 H3700R로 굴절률이 1.59인 PC(폴리카보네이트)를 사용하였다. 성형조건은 2인치 2-cavity 도광판 금형내에 충전되는 시간을 0.4초로, 사출속도를 100 mm/s로 설정하였다. 또한 사출온도는 315°C, 금형온도를 110°C로 설정하였다. 이와 같은 조건으로 사출 성형을 실시하여 2-cavity 를 가진 양각의 도광판을 제작하였다.

#### 5. 결론

2인치 휴대폰용 도광판의 광 해석결과는 Fig. 5(a), (b)에서 보는바와 같이 높이가 20  $\mu\text{m}$ 의 양각 마이크로광학패턴을 적용한 도광판의 경우 contrast는 0.22, 평균휘도는 3,641 nit, 휘도 균일도는 64%, 시

야각의 분포는 약 23도이고 광 이용도는 43%이다. 그에 반해 Fig. 5(c)(d)와 같이 20  $\mu\text{m}$ 의 음각 마이크로 광학패턴을 적용한 경우 contrast는 0.45, 평균휘도는 5,955 nit, 휘도 균일도는 36%이고, 시야각의 분포는 약 30도이며 광 이용도는 68%를 보이고 있다. 본 해석결과에서 알 수 있듯이 기존에 사용되고 있는 양각의 광학패턴 보다 음각의 광학 패턴이 광학적으로 우수함을 알 수 있다. 휴대폰용 도광판의 경우 중요시 되는 요소인 휘도 분포를 보면 음각패턴이 양각패턴에 비해 약 2,000 nit 이상 높은 결과를 보이는데 이는 휘도 평가 시 도광판으로부터 수직으로 출사하는 빛이 측정기에 감지되는 빛의 양만으로 평가되기 때문에 음각패턴을 가진 도광판이 빛을 수직으로 출사 시키는 능력이 양각패턴에 비해 우수하다고 할 수 있다. 하지만 휘도 균일도는 음각 패턴이 10% 정도 낮은 값을 보이며 이로 볼 때 단순히 기존의 양각의 광학 패턴을 음각의 광학 패턴으로 대체하여서는 원하는 광학적 특성을 얻을 수 없으며 음각의 광학패턴을 위한 독자적인 광학 패턴의 설계가 필요함을 알 수 있었다. 양각의 마이크로 패턴을 가진 도광판의 사출 성형 후 휘도 측정 장치인 BM7 및 이를 이용하여 측정된 결과를 Fig. 6, Fig. 7에 보였다. 광학 패턴의 높이를 20  $\mu\text{m}$ 로 성형했을 때 평균휘도가 3,100 nit를 나타냈다. 이와 같은 결과는 광학 해석프로그램인 SPEOS를 이용하여 해석한 결과보다 휘도가 낮다. 그 이유는 성형과정에서 발생하는 패턴의 전사성에 의한 결과이며 실제 사출성형 공정에서 게이트에서 멀어질수록 금형에 대한 패턴의 전사성이 떨어지기 때문이다. 음각 패턴을 가진 도광판의 휘도 평가 및 마이크로 패턴의 전사성을 고려한 휘도 평가에 대해서는 추후 진행할 예정이다.

## 후 기

본 연구는 2010 생산기반 혁신 기술개발사업 중 <기능성 고분자 소재 성형용 마이크로 금형시스템> 과제의 지원으로 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

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, 747-758.

Lee, S. K., Lee, K. C. and Lee, S. S., 2002, "A simple method for microlens fabrication by the modified LIGA process", *J. of Micromechanics and Microengineering*, Vol. 12, 334-340.