

광학패턴 가공방법에 따른 LGP 금형 및 성형품의 표면특성 연구 : Laser Ablation, Chemical Etching, LiGA-Reflow 방식

도영수^{1,2}, 김종선¹, 고영배¹, 김종덕¹, 윤경환², 황철진[#]

A Study on the surface characteristics of LGP mold and product depending on different fabrication methods of optical pattern

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

Abstract

LGP (light guide plate) of LCD-BLU (Liquid Crystal Display - Back Light Unit) is one of the major components which affects the product quality of LCD. In the present study, the optical patterns of LGP(2.2") are manufactured by three different methods, namely, laser ablation, chemical etching and LiGA - reflow, respectively. The pattern surface images and roughness of mold and product were compared to check the optical characteristics. From the results of measurement the optical patterns fabricated by LiGA - reflow method showed the best geometric structure as intended in design and the lowest roughness among those.

Key Words : Injection Molding (사출성형), LGP (Light Guiding Plate, 도광판), Optical Pattern (광학패턴)
Laser Ablation, Chemical Etching, LiGA - Reflow

1. 서론

최근 디스플레이 시장의 급격한 성장으로 유기 EL, PDP(Plasma Display Panel), TFT-LCD 등과 같은 차세대 디스플레이에 관한 연구개발과 함께 부품의 성능 향상 및 제조공정의 개선을 위한 개발이 활발히 진행되고 있다. 이 중 TFT-LCD는 자체 발광능력이 없기 때문에 반드시 후면에서 면광원을 만들어 광원을 공급하는 장치를 필요로 하는데, BLU (Back Light Unit)가 TFT-LCD Panel의 배면 광원의 역할을 한다.

BLU는 Fig. 1과 같이 반사판, 도광판, 확산시트, 프리즘시트, 보호시트 등으로 구성되어 있다. 이 중 도광판(LGP)은 광학패턴의 형성으로 선광원인 CCFL이나 점광원인 LED의 광을 면광원의 형태로

확산시키는 역할을 한다. 휴대폰용 도광판은 현재 도광판 하부에 레이저가공이나 화학약품을 이용한 부식(chemical etching)을 통하여 양각형태로 광학패턴을 제작하는 방식이 대부분을 차지하고 있지만, 형상의 균일도가 높고 패턴의 높이 조절이 가능한 LiGA - reflow 공정을 이용하여 광학패턴을 제작하는 방법이 최근 많이 연구되고 있다. [1, 2]

본 연구에서는 레이저가공, 부식, 그리고 LiGA - reflow 세가지 공정을 이용하여 145,870개의 렌즈패턴이 가공된 2.2인치 휴대폰용 도광판을 제작하였다. 이와 같이 세가지 광학패턴 제작방식을 통해 얻어진 금형 및 성형품의 패턴 형상 및 표면거칠기를 서로 비교함으로써 현재 제작되고 있는 도광판의 광학패턴 형상에 따른 광학적 효과에 대해 알아보하고자 한다.

1. 한국생산기술연구원 정밀금형팀

2. 단국대학교 기계공학과

교신저자: 한국생산기술연구원 정밀금형팀

E-mail : cjhwang@kitech.re.kr

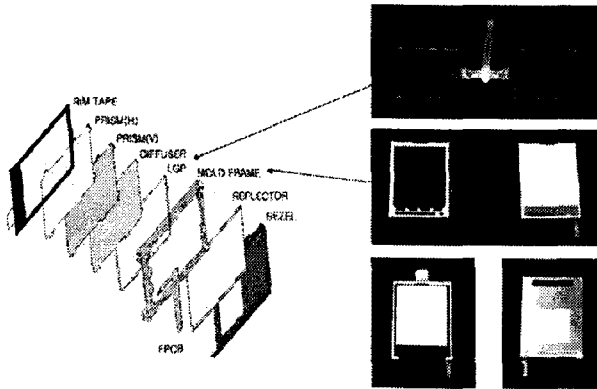


Fig. 1 Schematic diagram of LCD-BLU

2. 금형제작

2인치 휴대폰용 도광판을 설계하기 위해 본 연구에서는 직경이 35 μm 인 반구형 렌즈패턴을 적용하였고, 휘도균일도를 향상시키기 위해서 도광판의 입광부 쪽에는 전반사되어 진행하는 빛이 많아야 하므로 패턴의 밀도는 작게, 대광부 쪽에는 대부분의 빛이 난반사되어 진행하는 빛이 적으므로 패턴의 밀도는 크게 설계되었다.

이와 같은 설계에 의해 본 연구에 적용한 2인치 도광판에는 145,870개의 광학패턴이 적용되었다.

2.1 레이저가공(laser ablation) 방식

레이저가공 방식에는 Fig. 2에서 보듯이 ND : YAG 532 nm green 레이저가 사용되었고, 스캐너를 이용하여 레이저를 반사시켜 가공하는 빔 스캔 (beam scan) 방식으로 모재에 직접 광학패턴을 가공하여 금형(stamper)을 제작하였다. 레이저가공 방식은 패턴을 음각으로만 가공할 수 있고, 재가공시 재현성을 보장 못하는 단점을 가지고 있다.

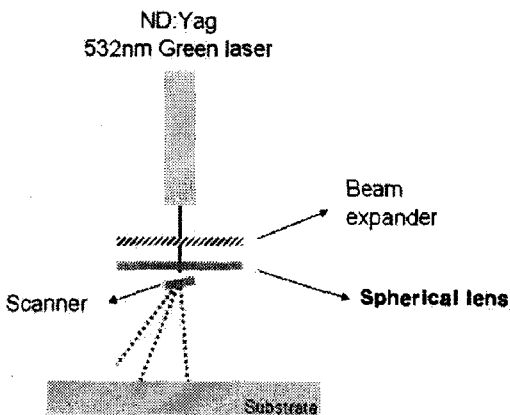


Fig. 2 Schematic diagram of laser ablation method

Fig. 3에는 레이저가공을 통해 제작된 금형(stamper)의 SEM 사진을, Fig. 4(a)에는 현미경(Olympus사, BX51) 사진을, Fig. 4(b)에는 광학패턴의 형상을 3D profiler (NanoFocus사, μ -surf) 장비를 이용하여 측정한 결과를 나타내었다.

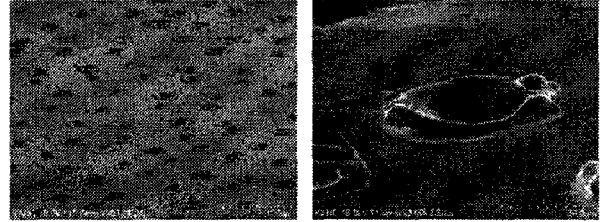


Fig. 3 The image of the optical patterns fabricated by laser ablation (SEM)

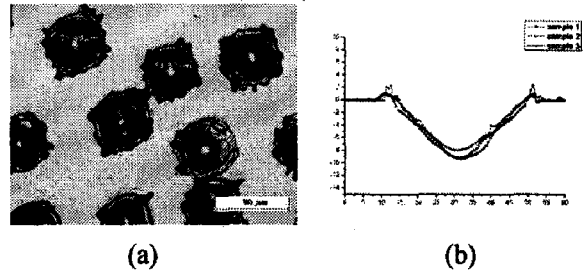


Fig. 4 (a) A microscope image and (b) a profiler image of the optical patterns

2.2 부식(chemical etching) 방식

부식 방식은 Fig. 5와 같이 모재 위에 감광고분자 화합물인 PR(photo-resist)을 코팅한 후 마스크를 이용하여 노광공정을 통해 원하는 모양의 PR 구조물을 얻는 식각단계를 거쳐 노즐을 통해 화학약품($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)을 정해진 압력으로 일정 시간 동안 분사하여 광학패턴이 가공된 금형(stamper)을 제작하였다. 부식방식은 패턴을 음각으로만 가공할 수 있고, 언더컷의 영향으로 가공깊이의 한계를 가지고 있다

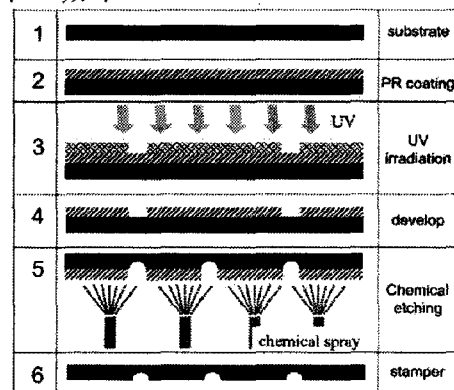


Fig. 5 A schematic diagram of chemical etching method

Fig. 6는 부식을 통해 제작된 금형(stamper)의 SEM 사진이고, Fig. 7(a)는 현미경 사진이며, Fig. 7(b)는 광학패턴의 형상을 3D profiler 장비를 이용하여 측정한 결과를 나타낸다.

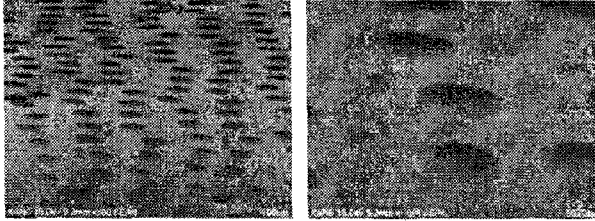


Fig. 6 The image of the optical patterns fabricated by chemical etching (SEM)

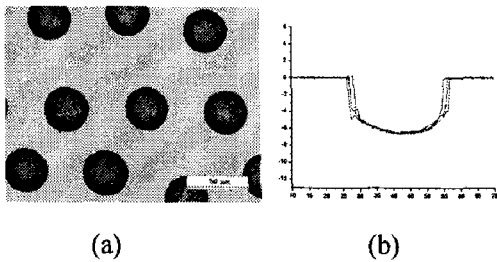


Fig. 7 (a) A microscope image and (b) a profiler image of the optical patterns

2.3 LiGA - reflow 방식

LiGA - reflow 방식은 Fig. 8과 같이 (i) 식각단계, (ii) reflow 단계, (iii) 전주단계 등의 세 단계로 구성된다. 먼저 (i) 식각단계는 PR을 노광시킨 후 현상액을 이용, 현상하여 원하는 구조물을 만드는 단계이다. (ii) 식각단계에서 얻은 PR형상은 reflow 공정을 거치게 되면서 표면장력에 의해 반구형 마이크로렌즈(microlens) 형상으로 가공된다. (iii) 이와 같이 LiGA - reflow 공정을 통해 얻은 마이크로렌즈 형상의 PR 구조물에 전주공정을 시행하여 금형(stamper)을 제작하게 된다. LiGA - reflow 방식은 전주공정을 통해 음각 양각 모두 가공이 가능하고, 고 세장비를 가지는 패턴의 제작이 가능하며, 재 가공시 재현성이 우수하다.

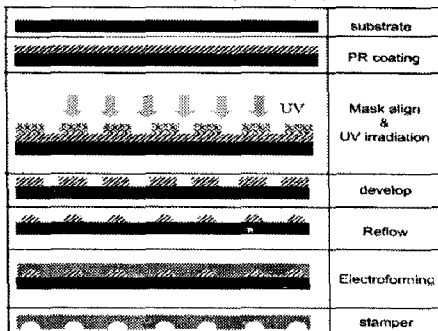


Fig. 8 A schematic diagram of LiGA - reflow method

Fig. 9은 LiGA-reflow를 통해 제작된 금형(stamper)의 SEM 사진이고, Fig. 10(a)는 현미경 사진이며, Fig. 10(b)는 광학패턴의 형상을 3D profiler 장비를 이용하여 측정한 결과를 나타낸다.

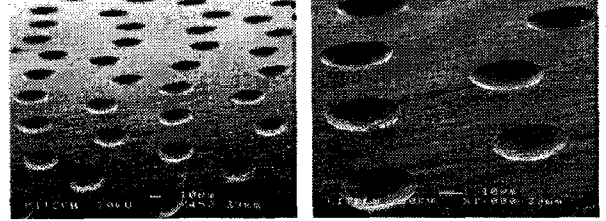


Fig. 9 The image of the optical patterns fabricated by LiGA - reflow (SEM)

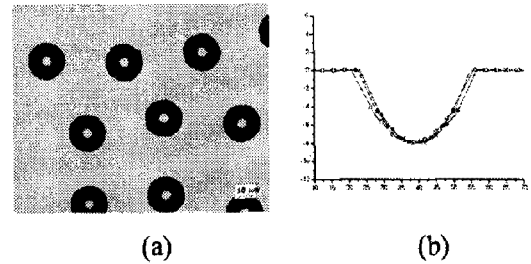


Fig. 10 (a) A microscope image and (b) a profiler image of the optical patterns

3. 사출성형

레이저가공 및 부식 그리고 LiGA - reflow 공정을 통해 만들어진 렌즈패턴이 적용된 도광관을 성형하기 위하여 사출기는 형체력 110 ton, 최대 사출압력 2600 kgf/cm², 최대사출속도 350 mm/s 인 LS전선의 LGE-110D 모델을 사용하였다.

사출성형을 위한 성형조건으로는 미세패턴의 충전률을 고려하여 Fig. 11 (a)와 같은 2.2 인치 2 cavity 도광관 금형의 전체 충전시간을 0.2 sec, 사출속도는 금형 캐비티(cavity) 부분에서 255.2 mm/s 으로 설정하였다. 또한, 사출온도(노즐부)는 315℃, 금형온도는 140℃로 설정하여 사출성형을 통해 Fig. 11 (b)와 같은 도광관을 제작하였다.

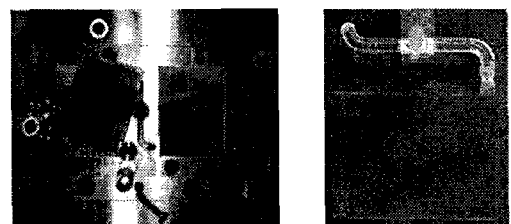


Fig. 11 The pictures of LGP (a) Mold and (b) product.

4. 측정결과 및 토의

레이저가공 및 부식 그리고 LiGA - reflow 공정을 통해 가공된 금형 및 성형품의 같은 위치의 패턴 20개씩을 선택하여 3D-profiler (NanoFocus 사, μ -surf) 장비로 패턴형상 및 패턴의 표면조도를 측정된 결과를 Table 1과 Table 2에 나타냈다.

금형의 경우 Table 1의 프로파일러 이미지 측정 결과에 나타난 바와 같이 레이저가공에 의한 패턴은 원추 형태로, 부식에 의한 패턴은 원기둥에 가까운 형태, LiGA - reflow 공정을 이용한 패턴은 반구형의 형태를 갖는 것으로 나타났다. 그로인해 Table 2 에서 나타난 것과 같이 성형품에도 금형과 같은 형상으로 전사되는 것을 볼 수 있다.

표면거칠기는 레이저가공을 이용하여 제작된 패턴의 Ra 값이 금형 40 nm, 성형품 31 nm로 가장 높게 나타났으며, LiGA - reflow 공정을 이용해 제작한 패턴이 금형 5 nm, 성형품 4 nm 로 가장 낮게 나타났다. 세 가지 가공을 통한 패턴 모두 성형품의 Ra 값이 금형과 비교했을 때 낮게 나타나는데 이는 사출성형에 의한 성형품의 수축으로 인해 표면거칠기가 낮아지는 것으로 알려져 있다.

Table 1 Result of pattern surface measurement for the molds fabricated by (a) laser ablation, (b) chemical etching and (c) LiGA - reflow method, respectively.

	(a)	(b)	(c)
Profiler Image			
Roughness	Ra = 40 nm Rmax = 203 nm	Ra = 25 nm Rmax = 135 nm	Ra = 5 nm Rmax = 19 nm

Table 2 Result of pattern surface measurement for the injection-molded LGP's fabricated by (a) laser ablation, (b) chemical etching and (c) LiGA - reflow method, respectively.

	(a)	(b)	(c)
Profiler Image			
Roughness	Ra = 31 nm Rmax = 153 nm	Ra = 22 nm Rmax = 133 nm	Ra = 4 nm Rmax = 16 nm

5. 결론

- (i) 광학패턴 가공방식에 따라 패턴의 표면특성을 알아보기 위해 레이저가공, 부식 그리고 LiGA - reflow 공정을 이용하여 금형 및 성형품을 제작하였다. 측정결과 레이저가공에 의한 패턴은 원추 형태로, 부식에 의한 패턴은 원기둥에 가까운 형태, LiGA - reflow 공정을 이용한 패턴은 반구형의 형태를 갖는 것으로 나타났다. 이는 LiGA -reflow 공정을 이용해 제작된 마이크로렌즈 패턴이 지름 35 μ m 반구형 렌즈패턴의 설계치에 가장 근접하다는 것을 보인다.
- (ii) 표면거칠기는 레이저가공을 이용하여 제작된 패턴의 Ra 값이 금형 40 nm, 성형품 31 nm 로 가장 높게 나타났으며, LiGA - reflow 공정을 이용해 제작한 패턴이 금형 5 nm, 성형품 4 nm 로 가장 낮게 나타났다. 이는 LiGA -reflow 공정을 이용해 제작된 패턴의 광손실량이 최소가 됨을 나타낸다.
- (iii) 결과적으로 현재 광학패턴의 가공방식 중에서 LiGA -reflow 공정을 이용하는 방식이 도광판 제작에 있어 설계재현성 및 광이용효율 면에서 가장 우수한 결과를 얻을 수 있음을 보였다.

후 기

본 연구는 한국생산기술연구원이 주관하는 생산기술 연구사업 중 ‘마이크로패턴 사출성형품의 전사성 향상과 복굴절 저감 기술 연구과제’ 및 서울시가 주관하는 ‘차세대 감성형 디지털 정보 디스플레이 혁신 클러스터 구축과제’의 지원으로 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사 드립니다. 또한 민인기, 유재원 씨께 감사 드립니다.

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] Hwang, C. J., Ko, Y. B., Ha, S. Y., Lee, G. H., and Heo, Y. M., 2005, Micro Injection Mold Fabrication with modified LiGA Microlens Pattern and its application to LCD-BLU, 21st Annual Meeting of the Polymer Processing Society