

가공방법에 따른 소형 도광판용 광학패턴 금형의 표면특성연구

도영수[†] · 김종선 · 고영배 · 김종덕 · 윤경환 · 황철진

한국생산기술연구원 정밀금형팀 · 단국대학교 기계공학과
(2008. 4. 28. 접수 / 2008. 6. 26. 채택)

Surface characteristics on the optical pattern die of light guiding plate by machining types

Young-Soo Do[†] · Jong-Sun Kim · Young-Bae Go · Jong Duck Kim
· Kyung-Hwan Yoon · Chul-Jin Hwang

KITECH, Precision Dies & Molds Team, Department of Mechanical Engineering, Dankook University
(Received April 28, 2008 / Accepted June 26, 2008)

Abstract : Micro pattern is applied to the light guiding plate(LGP) to enhance the uniformity of the brightness of the LCD. The micro cones are molded in intaglio on the surface of the LGP. The surface roughness of each cone was 40nm and 38nm in negative and positive die for laser ablation. In chemical etching, the surface roughness was 25nm, 24nm in negative and positive. And the surface roughness of negative and positive dies were 4nm and 5nm for LIGA-reflow process.

Key Words : LIGA-reflow, Chemical etching, Micro pattern, Laser ablation.

1. 서 론

TFT-LCD는 자체 발광능력이 없기 때문에 별도의 광원을 필요로 하며, 후면에서 면광원역할을 하는 장치가 BLU (Back Light Unit)이다.

BLU는 도광판과 반사판, 확산시트, 프리즘시트, 보호시트 등의 광학 시트들로 구성되어 있다. 이중 도광판(Light Guiding Plate, 이하 LGP)은 하부에 무수한 광학패턴들을 포함하고 있어, 선 광원인 CCFL이나 점광원인 LED의 광을 면광원의 형태로 확산시키는 역할을 한다. 이러한 도광판내의 광학패턴들은 금형 내에 가공을 한 후, 사출 성형 과정에서 도광판에 전사된다. 금형에 패턴을 가공하는 방식은 대부분 레이저를 이용(laser ablation)하거나⁽¹⁾ 화학약품을 이용한 부식(chemical etching)⁽²⁾의 방법을 이용하고 있지만, 이러한 가공 방법들은 불규칙한 패턴의 형상 때문에 광학 설계 시 적용하기가 까다롭고 광특성을 예측하기가 어렵기 때문에 많은 시행착오를 겪게 되며, 경험에 의존하게 된다. 최근에는 형상의 균일도가 높고 패턴의 높이 조절이 가

능한 LiGA - reflow 공정을 이용하여 도광판 금형의 광학패턴을 가공하는 방법이 많이 연구되고 있다.

본 연구에서는 가공방식에 따른 패턴의 특징을 알아보고자 (1)레이저가공(laser ablation), (2)부식(chemical etching), 그리고 (3)LiGA - reflow의 세 가지 공정을 이용하여 도광판 금형을 제작하고, 사출성형공정을 이용하여 2.2인치 휴대폰용 도광판을 제작하였다. 그리고 세 가지 광학패턴 제작방식을 통해 얻어진 금형 및 성형품의 같은 위치에 있는 패턴을 선정하여 형상 및 표면조도를 서로 비교하여, 현재 제작되고 있는 도광판의 광학패턴 형상에 따른 광학적 효과에 대해 알아보았다.

2. 금형제작 방식

2인치 휴대폰용 도광판을 설계하기 위해 본 연구에서는 지름이 35 mm 높이가 8 mm 인 반구형의 마이크로렌즈를 적용하였고, 휘도 균일도를 향상시키기 위해서, 도광판의 입광부 쪽에는 전반사되어

진행하는 빛이 많아야 하므로 패턴의 밀도는 작게, 도광부 쪽에는 대부분의 빛이 난반사되어 진행되는 빛이 적으므로 패턴의 밀도를 크게 하여 패턴설계를 진행하였다.

Table 1 에는 광학패턴 가공에 사용된 (a)레이저 가공 및 (b)화학 약품을 이용한 부식, 그리고 (c) LiGA - reflow 방식의 개략도를 나타내었다.

2.1 레이저가공(laser ablation) 방식

레이저가공 방식에는 ND : Yag 레이저($\lambda = 532$ nm)가 사용되었고, 스캐너를 이용하여 레이저를 반사시켜 가공하는 빔 스캔(beam scan) 방식으로 모재에 직접 광학패턴을 가공하여 금형(stamper)을 제작하였다. 레이저가공 방식에서 패턴의 크기는 레이저의 출력, 펄스(pulse), 스테이지의 높이 등을 조절하여 결정하게 된다.

Table 2의(a)에 레이저가공을 통해 제작된 금형(stamper)의 SEM 사진, 현미경(Olympus사, BX51) 사진과 광학패턴의 형상을 3D profiler (NanoFocus 사, μ - surf) 장비를 이용하여 측정된 결과를 나타내었다.

2.2 부식(chemical etching) 방식

화학약품을 이용한 부식의 경우에는 모재 위에 감광분자 화합물인 PR(photoresist)을 코팅한 후 마스크를 이용하여 노광공정을 통해 원하는 모양의 PR구조물을 얻는 식각단계를 거쳐 노즐을 통해 화학약품($FeCl_3 \cdot 6H_2O$)을 정해진 압력으로 일정 시간동안 분사하여 광학패턴이 가공된 금형(stamper)을 제작하였다. 부식방식은 약품의 분사시간, 분사량, 농도 등을 조절하여 패턴의 깊이를 조절하고, 지름의 크기는 마스크에 새겨지는 패턴의 크기를 이용하여 조절하게 된다.

Table 2의(b) 에는 부식공정을 통해 제작된 금형(stamper)의 SEM 사진, 현미경(Olympus사, BX51) 사진과 광학패턴의 형상을 3D profiler (NanoFocus 사, μ - surf) 장비를 이용하여 측정된 결과를 나타내었다.

2.3 LiGA - reflow 방식

본 실험에 응용한 LiGA-reflow 공정은 LiGA (독어, Lithographie = 식각, Galvanoformung = 도금 또는 전주, Abformung = 사출성형)공정에 thermal

- reflow을 추가한 공정으로, (i) 식각단계, (ii) reflow 단계, (iii) 전주단계 의 세 단계로 구성된다. Table 2의(c)에 LiGA-reflow공정을 통해 제작된 금형(stamper)의 SEM 사진, 현미경 (Olympus사, BX51) 사진과 광학패턴의 형상을 3D profiler (NanoFocus사, μ - surf)장비를 이용하여 측정된 결과를 나타내었다.

3. 사출성형

음각의 광학패턴을 가진 도광판은 양각의 광학패턴을 가진 도광판에 비해 광학적 특성이 우수하기 때문에⁽³⁾, 본 연구에서는 각각 (1)레이저가공 및 (2) 부식 공정으로 가공된 음각패턴 금형(negative-pattern mold)에, 전주공정(electro-forming process)을 통하여 양각패턴 금형(positive-pattern mold)을 제작하였다. 도광판의 성형은 형체력 110 ton, 최대 사출압력 2600 kgf/cm^2 , 최대사출속도 350 mm/s 인 LS전선의 LGE-110D 모델의 순간전동식(full electric) 사출성형기를 사용하였다. 사용수지는 고투명성 및 고유동성을 가지고 있어서 두께가 얇은 제품 및 정밀한 패턴성형에 주로 사용하고 있는 Mitsubishi사의 PC(Polycarbonate, grade : lupilon-HL4000)를 사용하였다.

사출성형을 위한 성형조건으로는 미세패턴의 충전률을 고려하여 2.2 인치 1 cavity 도광판 금형의 전체 충전시간을 0.2 sec, 사출속도는 금형 캐비티(cavity) 부분에서 255.2 mm/s 으로 설정하였다. 또한, 사출온도(노즐부)는 315°C , 금형온도는 140°C 로 설정하여 사출성형을 통해 도광판을 제작하였다.

제품의 샘플링(sampling)은 사출성형조건이 안정화될 때까지(cyclic steady) 성형한 후 (동일 사출성형 조건의 사출성형실험이 시작된 후 약 20개 이상의 초기 성형품은 제외), 그 이후의 성형되는 제품을 선정하여 측정에 사용하였다.

4. 결과 및 토의

각 가공방법을 통해 제작된 패턴을, Table 2에 나타내었다. 레이저가공에 의한 패턴은 원추 형태로, 부식에 의한 패턴은 원기둥에 가까운 형태, 그리고 LiGA - reflow 공정을 이용한 패턴은 반구형의 형

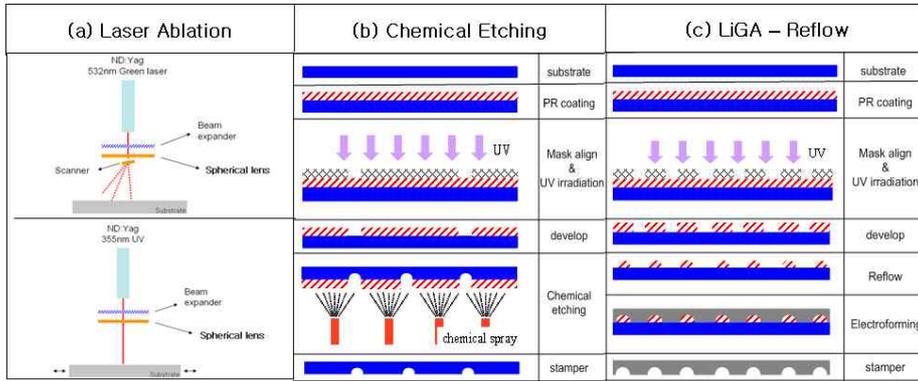


Table 1: Schematics of three-types mold fabrication processes

	(a) Laser Ablation	(b) Chemical Etching	(c) LiGA - Reflow
(1) SEM Image			
(2) Microscope Image			
(3) Profiler Image			
(4) Roughness	Ra = 0.040 μm Rmax = 0.233 μm	Ra = 0.025 μm Rmax = 0.135 μm	Ra = 0.005 μm Rmax = 0.019 μm

Table 2: Pattern surface of negative-pattern molds.

	(a) Laser Ablation	(b) Chemical Etching	(c) LiGA - Reflow
(1) SEM Image			
(2) Microscope Image			
(3) Profiler Image			
(4) Roughness	Ra = 0.038 μm Rmax = 0.207 μm	Ra = 0.024 μm Rmax = 0.136 μm	Ra = 0.005 μm Rmax = 0.020 μm

Table 3: Pattern surface of positive-pattern molds.

	(a) Laser Ablation	(b) Chemical Etching	(c) LiGA - Reflow
(1) SEM Image			
(2) Microscope Image			
(3) Profiler Image			
(4) Roughness	Ra = 0.031 μm Rmax = 0.153 μm	Ra = 0.022 μm Rmax = 0.133 μm	Ra = 0.004 μm Rmax = 0.016 μm

Table 4: Pattern surface of injection-molded negative-pattern of LGP's

태를 갖는 것으로 나타났다.

Table 2, Table 3, Table 4 에서 보듯이 레이저가

공을 이용하여 제작된 패턴의 표면조도(Ra) 값은 음각패턴 금형의 경우 40 nm, 양각패턴 금형의 경우 38 nm, 그리고 도광판(음각)의 경우는 31 nm로 각각 나타났으며, 부식을 이용하여 제작된 패턴의 Ra 값은 음각패턴 금형의 경우 25 nm, 양각패턴 금형의 경우 24 nm, 그리고 도광판(음각)의 경우 22 nm 로 나타났다. 그리고 LiGA - reflow 공정을 이용해 제작한 경우, 음각패턴 금형은 5 nm, 양각패턴 금형의 경우 5 nm, 그리고 도광판(음각)의 경우 4 nm 로 나타났다. 레이저를 이용하거나 화학약품을 이용한 방법의 경우 가공과정에서 모재의 상태나 화학약품의 상태에 따라서 패턴의 형태가 달라지기 때문에 재현성 있는 금형을 만들기란 실로 어려우며 각각의 패턴에 대해서도 형상이 제각기 다르며 표면 조도 값도 커지게 된다. 하지만 LiGA-reflow 를 이용하여 제작한 경우, PR(Photoresist, 감광제)

을 이용하여 형상을 만들어 thermal reflow 과정에서 표면조도가 매우 낮아지기 때문에 진주공정을 통해 얻어진 금형의 경우에도 낮은 표면조도 값을 얻을 수 있는 것이다.

또한 세 가지 가공을 통한 패턴 모두 사출성형품과 금형의 Ra 값을 비교했을 때, 레이저가공의 경우 40 nm 에서 31 nm 로, 부식의 경우 25 nm 에서 22 nm, LiGA - reflow의 경우 5 nm 에서 4 nm 로 낮게 나타났다. 이는 사출성형 과정에서 성형품이 수축을 하기 때문에 결과적으로 표면조도가 낮아지는 것이다.

5. 결 론

본 실험을 통해 현재 휴대폰용 도광판에 사용되고 있는 (1)레이저가공(laser ablation), (2)부식(chemical etching), 그리고 (3)LiGA - reflow를 통한 광학패턴의 특성을 알아보았다. 현재 광 특성 예측에 사용되고 있는 상용 광학해석 프로그램들은 거의 반구형태의 광학패턴에 표면 상태 정보만을 넣을 수 있기 때문에 레이저가공이나 부식에 의해 제작된 광학 패턴은 그 형태의 차이와 표면 상태의 불균일성 때문에 광학 해석의 결과와는 많은 차이가 있으며 설계 시 많은 시행착오를 거치게 된다. 하지만 LiGA - reflow 공정을 이용해 제작된 광학패턴은 형상정밀도와 표면조도가 좋기 때문에 광학해석과 가장 유사한 결과를 얻을 수 있는 이점이 있음을 알 수 있었다. 향후에는 각 광학패턴을 적용한 도광판을 실제로 제작하여 각 광학패턴의 형상 및 표면 광학물성의 정확성을 높일 수 있는 방법을 연구할 예정이다.

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) T. H. Kim, T. H. Park, H. K. Oh, and Y. J. Shin, "Analysis of the laser.", Optics & Laser Technology, Vol. 39, Issue 7, pp. 1437-1442, 2007
- (2) U. Kohler, A. E. Guber, W. Bier, and M. Heckeke, "Fabrication of microlenses.", Sensor Actuat. A, Vol.53, pp.361~363, 1996
- (3) 황철진, 김종선, 고영배, 민인기, 유재원, 허영무, 윤경환, "음각, 양각 광학패턴.", 한국금형공학회 학술대회 논문집, pp. 111~114, 2006