

LIGA-reflow 응용 Micro-lens Pattern 도광판 금형 제작

황철진* · 김종덕* · 정재완** · 하수용*** · 이규현***

Micro-lens Patterned LGP Injection Mold Fabrication by LIGA-reflow Process

C.J.Hwang*, J.D.Kim*, J.W.Chung**, S.Y.Ha*** and K.H.Lee***

Abstract

Micro-lens patterned micro-mold fabrication method for Light Guiding Plate(LGP), kernel part of LCD-BLU(Back Light Unit), was presented. Instead of erosion dot pattern for LGP optical design, micro-lens pattern, fabricated by LIGA-reflow process, was applied. Optical pattern design method was also developed not only for negative pattern LGP, but also positive pattern LGP. In order to achieve flow balance during the micro-injection molding process and dimensional accuracy, two LGP pattern was made in one micro-mold.

Key Words : Micro Mold, Micro-lens Pattern, LCD(Liquid Crystal Display), LGP(Light Guiding Plate), LIGA-reflow Process, Photo Resist, Electroplating.

1. 서론

LCD(Liquid Crystal Display)는 노트북, 모니터, TV, 휴대폰, Car Navigation System, 디지털 카메라, 프로젝터 등 다양한 용도로 응용되고 있으며 매년 급격히 성장하는 디스플레이 시장의 핵심 품목이다. LCD는 광원을 필요로 하는 수광소자, 광소자를 통한 영상정보처리가 구현되는 되기 때문에 광소자에서 핵심적으로 요구되는 고효율 발광, 집광, 광산란, 균일한 면발광에 대한 기술개발이 필수적으로 선행되어야 하며 광학적 설계에 대한 기술개발이 우선적으로 선행되어야 한다. 또한 LCD-BLU(Back Light Unit)의 고효율 광특성을 유도하기 위한 도광판(Light Guiding Plate)의 초미세패턴 형상가공기술, 미세사출성형

기술과 미세형상패턴 광학해석기술 및 전광특성 측정 및 보완기술이 요구된다. 이러한 기술들을 바탕으로 LCD-BLU의 고단가의 주요 요인인 기능성 광학 sheet(prism sheet, diffuser sheet etc)를 연차적으로 제거 및 도광판에 기능을 결합하는 기술을 개발하고자 하는게 본 연구의 목적이다.

현재 LCD-BLU의 도광판은 인쇄법(Printing) 또는 무인쇄(Printless)법으로 도광판에 지름 200~400um의 무수히 많은 dot를 도광판 반사면에 형성해서 제작된다. 그러나 이와같이 제작된 도광판은 그 제작공정의 특성상 dot의 표면이 매우 거칠기 때문에 표면에서 빛이 산란되어 손실되는 비율이 높아, LCD-BLU의 효율을 높이는데 한계가 있다. 또한 dot의 크기 등 형상의 균일도 문제 때문에 dot패턴의 정밀한

* 한국생산기술연구원 정밀금형팀

** ㈜엘지에스 기술연구소

*** 레이젠㈜ 기술연구소

제어를 통한 고기능의 도광판 개발이 힘들다.

따라서 본 연구에서는 이와같은 기존 방식의 도광판의 한계를 뛰어넘기 위하여, 도광판의 핵심 광학요소인 dot 의 생성방법을 패턴의 정밀제어가 가능하고 표면거칠기를 수 나노급으로 가공할 수 있는 가공방법인 LIGA-reflow 공정을 응용해서 가공한 30~50um 급의 Micro-lens 를 적용한 LGP 용 금형을 개발하였다.

2. LIGA-reflow 공정 개요

본 연구에서 응용된 금형 가공방법은 응용 LIGA 공정을 변형한 공정으로 자세한 공정을 [그림 1]에 나타내었다.

LIGA(Lithographie=식각, Galvanofomung=도금 또는 전주, Abformtechnik= 사출성형) 단어가 포함하는 것은 원래 마이크로 패턴의 금형을 가공하는 포함한 미세사출성형 (Micro-Injection Molding)까지를 일컫는 공정인데, 본 논문에서는 미세패턴이 적용된 마이크로 금형가공단계까지 한정하기로 한다. 본 논문에서 연구한 전체적인 공정은

- (i)식각단계,
 - (ii) reflow 단계,
 - (iii)전주단계(또는 도금단계)
- 등의 세 단계로 구성된다.

먼저 (i)식각단계는 수 um 에서 수백 um 정도의 두께를 갖는 PR(photo resist)을 노광시킨 후 특정화학약품을 이용하여 현상하여 원하는 구조물을 만드는 단계이다. 노광을 위해서 빛(UV or X-ray)을 잘 투과시키는 부분과 잘 흡수하는 부분으로 되어 있는 mask 를 활용한다. 이렇게 빛에 조사된 부분과 mask 에 의해 조사되지 않은 부분의 차이에 의해 분자구조가 변한 PR 부분이 특정 화학약품에 쉽게 용해되는 특성을 이용해 현상하는 공정을 통해 원하는 PR 구조물을 얻는다. (ii) 식각단계에서 얻은 PR 형상은 reflow 공정을 위해서 주로 원기둥 모양을 가지게 되는데, 이를 오븐에 넣어 PR 재료의 유리전이 온도(Tg)보다 높여주게 되면 표면장력에 의해 micro-lens 형상으로 가공된다. 이러한 LIGA-reflow 공정은 다른 공정과 달리 micro-lens 형상을 가공하는 간단한 방법(simple method)이지만 수 나노정도의 표면거칠기를 갖게 되는 우수한 특징을 가지고 있다. (iii) 이와 같이 reflow 공정을 거친

후, PR 형상의 반대 모양을 전주공정을 통해서 얻게되며, 이렇게 전주된 금형을 stamper 금형으로 활용하게 된다.

3. LIGA-reflow 공정응용 금형가공

3.1 LGP 금형용 광학패턴 설계 및 Mask 제작

본 연구에서는 1 단계에서는 film mask 를 활용했으며, 2 단계에서는 Cr-mask 를 활용해서 $\pm 1\mu\text{m}$ 정밀도를 가지는 mask 를 활용했다. LIGA-reflow 후의 micro-lens 형상의 반경이 30um, 50um 두 가지의 도광판 광학패턴설계를 하였으며, 이를 위해서 mask 의 dot pattern 크기를 설정했으며, reflow 공정의 시간과 온도에 따라서도 micro-lens 의 반경과 높이가 달라지기 때문에 반복 실험이 필요하게 되며, 공정조건이 설정된 이후에는 reflow 공정의 설계가 가능하게 된다. 1 단계에서 film mask 를 활용했을 때는 패턴의 바깥부분에서 균일한 모양의 원기둥을 식각 후에 얻을 수 없었으며, LIGA-reflow 공정 후의 micro-lens 형상의 균일도를 얻기가 힘들었다. 2 단계의 Cr-mask 를 활용했을 때에는 균일한 크기의 micro-lens 형상을 패턴의 전면에 얻을 수 있었다. [그림 2(a)]에 dot 를 기본단위로 광학설계 된 광학패턴을 보여 주고 있으며, Cr-mask 로 만들어진 패턴을 [그림 2(b)]에 도시하였다.

3.2 LIGA-reflow 공정

노광 및 현상을 통해 [그림 3(a)]에 도시된 원기둥 모양의 PR 구조물을 가공했으며, 이를 140° C로 유지되는 오븐에 넣어 1분 40초 동안 reflow 를 시키면 [그림 3(b)]과 같이 micro-lens 형상의 PR 구조물을 얻게 된다. SEM image 를 통해서 알 수 있듯이, 식각 후의 PR 구조물은 표면이 거칠지만 reflow 공정을 지나게 되면 수 나노급의 표면거칠기를 가지게 된다. 이러한 우수한 표면거칠기의 특징이 기존의 부식을 통한 도광판 패턴 성형기술과 크게 차별이 되며, LCD-BLU 에서 우수한 전광특성을 나타내게 되는 것이다.

3.3 초정밀 전주공정을 통한 micro-mold 제작.

LIGA-reflow 공정을 통해 얻은 micro-lens 형상

의 PR 구조물을 이용해 마이크로 패턴을 그대로 복제하는 초정밀 전주공정을 통해 mother stamper (negative pattern stamper or 음각 stamper)를 얻을 수 있으며, 본 연구에서 제작된 금형을 [그림 4(a), 4(c), 4(e)]에 도시하였다. 이 단계에서 제작된 mother stamper 를 금형에 장착해서 사출성형을 하게 되면, 양각 도광판(positive pattern LGP)을 얻게 된다. 또한 음각의 도광판을 성형하기 위한 양각의 stamper mold 를 얻기 위해서 mother stamper 를 활용해 이형을 위한 이형층 처리를 한 후 전주를 하게 되면, 다시 반대 형상인 sun stamper (positive pattern stamper or 양각 stamper) 가공이 된다. 이렇게 제작된 sun stamper 를 [그림 4(b), 4(d), 4(f)]에 도시하였다. 이 sun stamper 를 통해 사출성형을 하게 되면 음각 도광판(negative pattern LGP)을 성형하게 된다. [그림 4]에 도시하였듯이, 이렇게 설계 및 가공된 negative pattern stamper 와 positive pattern stamper 를 profilomet, SEM, 광학현미경 등을 통하여 금형의 여러 위치에서 가공의 정밀도를 측정하여 고찰하였다. 공정의 특징 상 film mask 를 활용한 LIGA-reflow 를 통한 금형가공은 mask 가공의 정밀도가 낮아서 micro-lens 형상이 금형의 바깥 부분에서는 일정하지 않았으며, Cr-mask 를 활용한 LIGA-reflow 를 통한 금형가공은 금형의 전체 면에서 micro-lens 형상이 일정하게 이루어졌음을 확인했다.

4. 결론

LIGA-reflow 를 응용한 30~50um 급 Micro-lens Pattern 가공기술을 LCD-BLU 에 적용하여 마이크로 금형을 제작하였다.

LCD 용 도광판용 금형을 설계하기 위한 광학패턴 설계 및 Mask 제작, Photoresist 두께를 달리한 LIGA-reflow 공정의 reflow 시간에 따른 micro-lens 의 형상변화를 관찰하였다. 또한 2 차에 걸친 초정밀 전주공정을 통해 negative pattern 과 positive pattern 의 micro-mold 를 각각 성공적으로 제작하였다.

제작된 micro-mold 를 profilometer, SEM image, 광학현미경 등으로 금형의 여러 위치에서 측정하여, 금형설계에 반영하였다.

후 기

본 연구는 산업자원부 우수제조기술연구센터 사업과 산업자원부 2010 생산기반혁신기술개발 사업의 지원으로 진행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사 드립니다.

또한 reflow 공정의 SEM image 를 제공하신 (주)파인옵틱스와 SEM 촬영에 큰 도움을 주신 한국생산기술연구원 김가희연구원에게도 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) Lee, S., Lee, K-C and Lee, S.S., 2002, "A simple method for microlens fabrication by the modified LIGA process", Vol. 12, pp. 334-340.
- (6) 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.



(a)

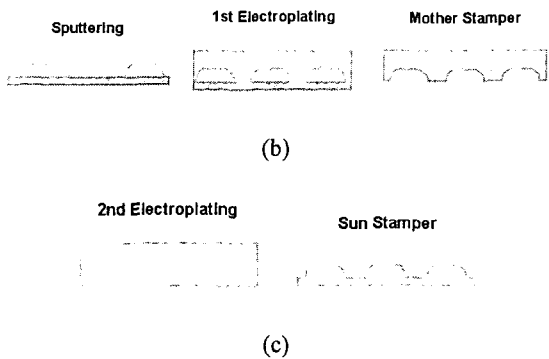


Fig. 1 Schematic diagram for LIGA-reflow process.

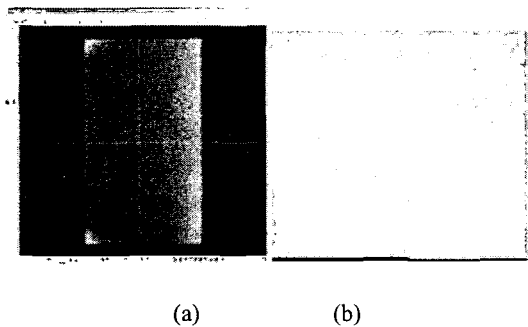


Fig. 2 (a) Optical design pattern, (b) Cr-mask pattern for micro-mold.

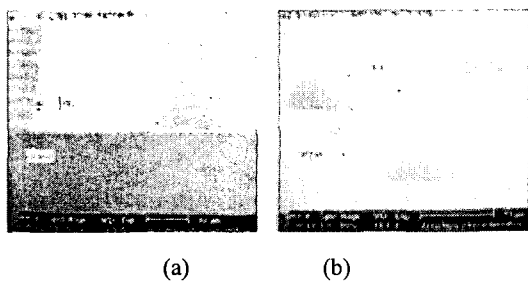


Fig. 3 (a) Photoresist before reflow, (b) Micro-lens after reflow process.

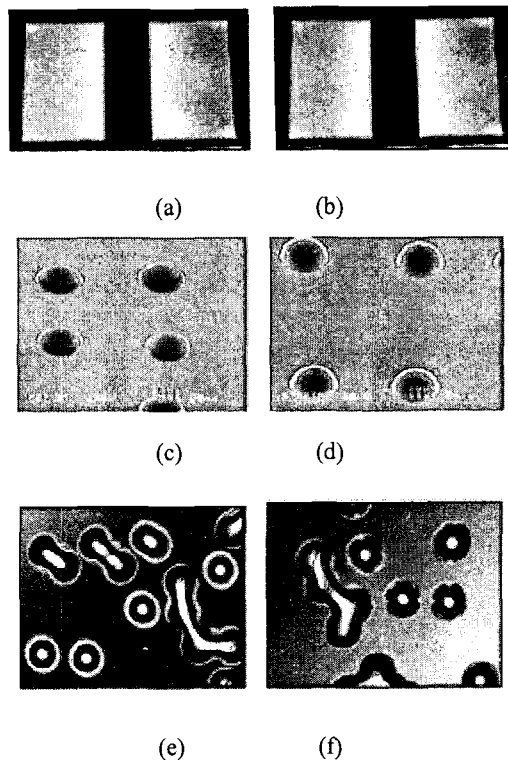


Fig. 4 50um micro-lens patterned micro-mold. (Mother stamper: (a) stamper, (c) SEM image, (e) 200x optical microscope image, Sun stamper: (b) stamper, (d) SEM image, (f) 200x optical microscope image).