

## 50 $\mu\text{m}$ Microlens 패턴 금형의 미세사출성형 전사성과 전광특성 기초연구

황철진\* · 고영배\* · 허영무\*

### A Basic Study of replication and brightness for micro injection molding with $\sim 50 \mu\text{m}$ micro-lens pattern mold

C.J. Hwang, Y. B. Ko, Y. M. Heo

#### 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. During injection molding process, experimental study was conducted to improve replication quality and brightness of  $\sim 50\mu\text{m}$  micro-lens pattern mold. The effect of mold temperature for the replication quality of micro-lens array was studied.

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

#### 1. 서 론

IT, NT, BT의 발달과 함께 초미세형상을 포함한 기능성 제품이나 마이크론 이하의 정밀도를 요구하는 제품개발의 수요가 기하급수적으로 증가하고 있다. 따라서 이러한 수요에 따른 제품 개발과 생산을 위한 정밀금형기술의 확보가 절실하다.

이미 시장에서는 전자, 정보, 통신 및 의료 분야 등 모든 분야에서 기술진보가 혁신적으로 이루어진 상품들이 나오고 있으며, 그 진보의 방향은 이후에도 급격히 고정도화, 기능화 및 경량화의 방향으로 갈 것으로 예측되고 있다. 따라서 이러한 복잡하고 다양한 기능 요구에 적극 대응할

수 있는 초정밀 미세제품의 대량생산을 위한 생산기술로 미세사출성형기술의 발전은 필수적이고 향후 핵심 요소기술이 되리라 생각된다.

본 연구는 현재 인쇄법(Printing) 또는 무인쇄(Printless)법으로 지름 200~400 $\mu\text{m}$ 의 무수히 많은 dot를 반사면에 형성하여 제작하고 있는 LCD-BLU(Back Light Unit)의 고효율 광특성을 유도하기 위한 도광판(Light Guiding Plate)에서 제작공정의 특성상 극복할 수 없는 한계를 뛰어넘기 위하여 LIGA-reflow 공정을 응용해서 가공한 30~50 $\mu\text{m}$ 급의 Micro-lens 패턴 금형을 가공하여 미세사출성형을 통한 전사성과 전광특성에 파악하고자 하는 것이다..

\* 한국생산기술연구원 정밀금형팀

## 2. LIGA-reflow 공정응용 금형가공

본 연구에서 응용된 금형 가공방법은 응용 LIGA 공정을 변형한 공정으로 자세한 공정을 Fig. 1에 나타내었다.

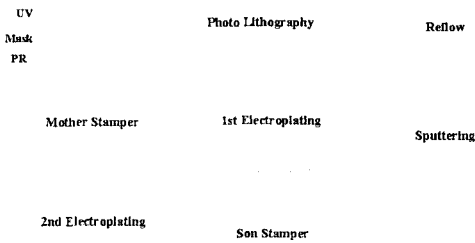


Fig. 1 Schematic diagram for LIGA-reflow process.

본 논문에서 연구한 LIGA-reflow 이용한 금형 제작공정은 (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 특정 화학약품을 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. 본 연구에서는 1 단계에서는 film mask 를, 2 단계에서는 Cr-mask 를 활용해서 ±1um 정밀도를 가지는 mask 를 활용했다. 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 유리전이 온도(Tg)보다 높은 140° C 의 온도로 유지되는 오븐에 넣어 1 분 40 초 동안 reflow 를 시키면 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 LIGA-reflow 공정을 통해 얻은 micro-lens 형상의 PR 구조물을 이용해 마이크로 패턴을 그대로 복제하는 초정밀 전주공정을 통해 mother stamper (negative pattern stamper or 음각

stamper)를 얻을 수 있으며,, 이렇게 전주된 금형을 stamper 금형으로 활용하게 된다. Fig. 2 는 본 연구에서 제작된 지름 50um 급의 micro-lens 패턴의 금형을 보여주고 있다.

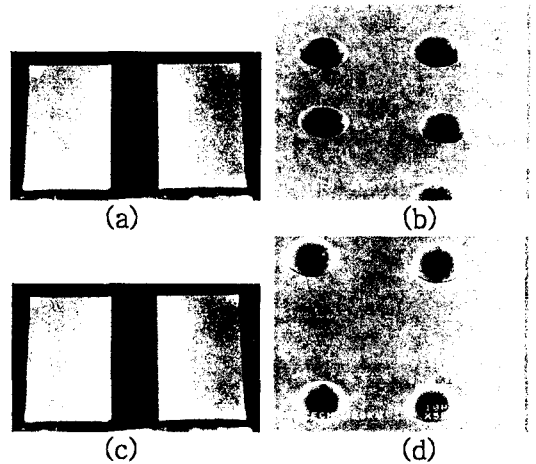


Fig. 2 50um mico-lens patterned micro-mold(negative pattern mold: (a) mold, (b) SEM image, positive pattern mold: (d) mold, (e) SEM image)

## 3. Microlens 패턴의 미세사출성형

### 3.1 전사성(Replication Quality)

본 연구에 사용된 사출성형기는 전사성이 우수한 사출압축성형공정이 수행되는 스미토모사의 IS 450 GSW 를 활용하였으며, 미세사출성형 실험은 Class 1000 의 클린룸에서 진행되었다. 미세사출성형을 위한 성형조건으로는 2.5 인치 4-cavity 도광판 금형의 전체 충전시간을 0.85 초로, 사출속도를 다단으로 조절하였다. 미세패턴의 성형성에 가장 크게 영향을 미칠 것으로 예상한 금형온도를 60° C, 65° C, 70° C 로 달리해서 실험했으며, 금형 온도의 미세패턴 성형에 대한 영향을 연구하였다. 미세사출 성형된 마이크로 렌즈의 성형성을 평가하기 위해서 SEM image 를 활용해서 Fig.3 에 도시하였다. Fig.4 에서 보는 바와 같이 양각의 도광판 뿐만 아니라 음각의 도광판도 미세사출성형이 비교적 훌륭하게 수행되었음을 알 수 있으며, SEM image 는 양각의 패턴인지 음각의 패턴인지, 3 차원 형상 자체를 파악하기는 용이함을 알 수 있다. 하지만 제품의 성형성을 평가하기에는 시간상으로 정량적 평가라는 관점에서 SEM image 의 활용은 적합하지 않다. 그래서 본 연구에서는 마

이크로 패턴을 0.01um 정밀도까지 용이하게 관찰할 수 있는 비접촉 3 차원 측정기인 Mitaka Kohki사의 NH-3N 를 활용하여 실험결과를 정량적 평가를 시도하였다.



Fig. 3 Injection molding machine & Mold on injection molding machine

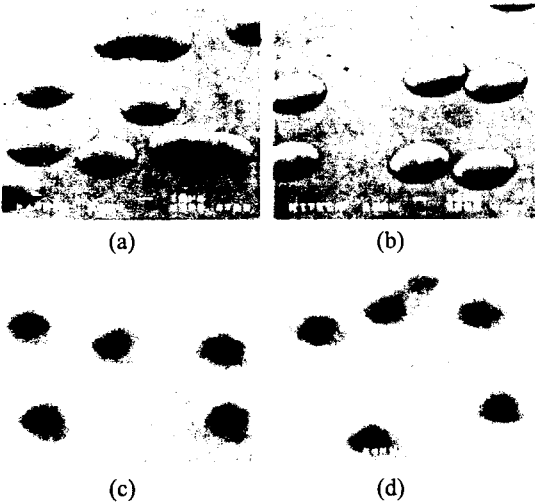


Fig. 4 SEM image of injection molded LGP ((a),(b): positive pattern, (c),(d): negative pattern)

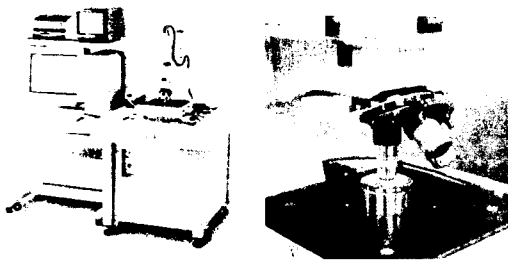


Fig. 5 Non-contact 3D Measuring System Mitaka NH-3N (resolution x,y: 0.1um, z: 0.01um).

Fig. 6(a)에 성형된 양각 도광판(positive pattern LGP)에서의 성형성을 금형온도 60° C, 65° C,

70° C 에서 micro-lens 의 형상(profile)을 도시하고 있다. 금형온도가 높아짐에 따라서 성형성이 좋아짐을 알 수 있다. Fig. 7 에 성형된 음각 도광판(negative pattern LGP)에서의 성형성을 금형온도 60° C, 65° C, 70° C 에서 마이크로 렌즈의 형상(profile)을 도시하고 있다. 양각의 도광판의 실험 결과와는 달리 70° C, 60° C, 65° C 순으로 마이크로 렌즈 패턴의 전사가 잘 되어 금형온도와 비선형적 관계를 보임을 알 수 있다. 이러한 성형 결과는 도광판의 휘도측정에서도 동일한 경향을 보였다. 사출성형 조건이 같을 경우, 마이크로 렌즈 형상인 미세패턴 형상으로 수지가 전진해서 들어 가야하는 양각 도광판에 비해 음각 도광판의 마이크로 렌즈 패턴의 성형성이 우수함을 알 수 있다.

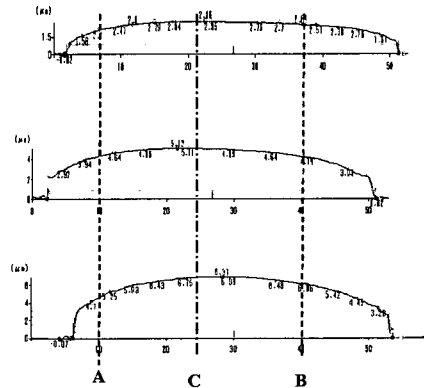


Fig. 6 Profile of one of micro-lens in positive pattern LGP: mold temperature with (top) 60°C, (middle) 65°C, (bottom) 70°C.

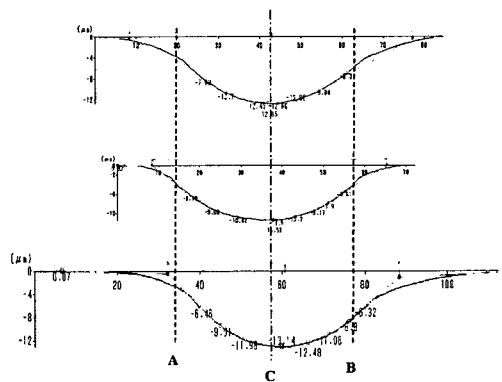


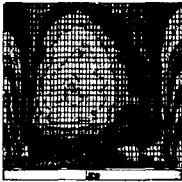

Fig. 7 Profile of one of micro-lens in negative pattern LGP: mold temperature with (top) 60°C, (middle) 65°C, (bottom) 70°C.

### 3.2 전광특성

[Table 1]에 도시된 바와 같이 기존의 부식(etching)을 통한 도광판에 비해, micro-lens 패턴을 적용시킨 도광판의 휘도는 최대 30% 이상, 균일도는 10% 이상 증가한다. 따라서 도광판의 패턴으로서 LIGA-reflow 공정에 의한 micro-lens array pattern의 충분한 가능성을 보여준다고 사료된다. 양각 도광판(positive pattern LGP)에서의 휘도 측정결과는 금형온도가 증가할수록 전사성이 증가하면서, 휘도도 함께 증가함을 알 수 있었다. 음각 도광판(negative pattern LGP)에서는 양각의 도광판의 실험결과와는 달리 70° C, 60° C, 65° C 순으로 휘도 측정결과를 보여, 전사성으로 본 결과와 같이 금형온도와 비선형적 관계를 보임을 알 수 있었다. 이러한 성형결과는 도광판의 휘도 측정에서도 동일한 경향을 보였다.

본 연구에 이어 전사성 향상을 위한 좀 더 높은 온도의 금형온도 범위에서의 실험과 함께 사출/압축 성형공정, 형체압축성형공정 (금형체결력 변화를 통한) 등의 도입을 통해 성형공정에 따른 전사성 및 휘도 변화를 실험적으로 연구할 계획이다. 또한 변형된 LIGA 공정을 적용한 micro-lens 패턴 뿐만 아니라 다양한 패턴에 대해 LCD-BLU 용 도광판 개발을 위한 광학설계, 금형가공 및 미세사출성형 연구를 진행할 예정이다.

**Table 1: Comparison of measured brightness**

	Micro-lens LGP	Etching-LGP
max. Brightness (center)	6,349 cd/m <sup>2</sup>	3,927 cd/m <sup>2</sup>
Brightness measurement (with BM7, 1500 point)		

### 4. 결 론

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

LCD 용 도광판용 금형을 설계하기 위한 <음각 및 양각 금형/양각 및 음각 도광판>에 대한 각각의 광학패턴 설계기술 개발 및 적용하였다. 사출성형 공정 시 금형온도에 따른 전사성 및 휘도의 금형온도에 의한 영향을 실험 및 측정을 통해 고찰했다. 양각 도광판 사출성형 시에는 금형온도 증가에 따라 전사성 및 휘도가 증가했으나, 음각 도광판 사출성형 시에는 금형온도변화에 따라 비선형적인 실험결과를 보여주었다.

### 후 기

본 연구는 산업자원부에서 2010 생산기반혁신 기술개발 사업의 지원으로 진행되었으며, 이에 관계자 여러분께 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) 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.