

# 전열가열금형 방식의 사출성형 기술을 이용한 나노 패턴 도광판의 제작

윤태욱, 한가람, 강민기, 홍진수, 문대규, 김창교  
순천향대학교

## Fabrication of Light Guiding Plate with Nanometer-Sized Patterns Using an Injection Molding Technology of Electrically Heated Mold Method

Tae-Uk Yun, Ga Ram Han, Min Ki Kang, Chinsoo Hong, Dae-Gyu Moon, Chang Kyo Kim  
Soonchunhyang University

**Abstract** : A light guiding plate (LGP) with nanometer-sized patterns was fabricated by injection molding method which employed electrically heated mold and the transcription of injection-molded parts was investigated. A Ni stamper was fabricated using MEMS technology. The Ni stamper was then installed in a movable heated core which is a key part of the mold. Using this mold, injection-molded plastic LGP parts were manufactured at different mold temperatures and the effect of the temperature on the transcription of the parts was investigated.

**Key Words** : light guiding plate, injection molding method, electrically heated mold, transtription

### 2. 실험

#### 1. 서론

TFT-LCD는 자체 광원이 없기 때문에 후면에서 LCD 패널에 광을 공급해주는 장치가 필요한데 그 부분을 BLU(backlight unit)라 한다. 도광판(LGP: light guiding plate)은 BLU의 가장 핵심이 되는 부품으로 광원으로 사용되는 LED 또는 형광등을 가장자리에 배치하여 전체 도광판내의 밝기가 균일한 평면광을 만드는 기능을 갖는 소자를 말한다.

초기의 도광판은 인쇄형으로 제작하였다. 인쇄형이란 패턴이 없는 도광판을 제작한 후에 실크 스크린을 이용하여 도트 패턴을 인쇄하는 방식이다. 최근에는 무인쇄형을 도광판을 제작하고 있다. 무인쇄형은 스템퍼에 패턴을 가공하여 도광판에 전사시키는 방법을 말하고 인쇄공정 없이 도광판을 제작할 수 있는 장점이 있다[2,3]. 사출성형 공정기술은 플라스틱 제품을 대량생산하는데 가장 적합한 가공 방법이다. 그러나 사출성형 기술은 수지와 금형의 온도차로 인하여 성형품의 물성 및 전사성의 결함에 영향을 미치며 미세 패턴의 성형성에서는 더 큰 영향을 미친다[4,5]. 나노 패턴을 갖는 도광판을 제작하는데 있어 요구되는 사출성형기술은 금형을 가열하여 금형온도를 용융된 수지온도와 동일한 수준까지 가열하여 금형온도를 용융된 수지온도와 동일한 수준까지 가열하여 성형시킨 후 급속히 냉각하여 공정시간을 단축시키는 것이다[6].

본 연구에서는 포토리소그래피 공정과 건식식각 공정을 이용하여 실리콘 몰드를 제작하였다. 실리콘 몰드에 니켈을 도금하여 정밀사출성형을 위한 스템퍼를 제작하였다. 제작된 스템퍼를 이용하여 이중코어로 만들어진 금형에 전열장치를 이용하여 금형의 표면만을 가열하여 금형의 온도를 수지의 용융점인 140℃ 이상으로 가열하여 성형하는 전열가열방식을 사용하여 사출성형공정을 수행하였다.

KrF 스캐너(Nikon S203-B)를 이용한 포토리소그래피 공정으로 도포된 PR의 나노패턴을 얻었다. 실리콘 몰드상에 나노패턴을 형성하기 위해 RIE (Lam Research TCP9600DFM)를 이용하여 건식식각법을 이용하여 제작하였다. 형성된 실리콘 몰드를 이용하여 도금기 (Digital Matrix SA/2MEM)를 이용하여 도금공정을 수행하여 사출성형을 위한 스템퍼를 제작하였다. 스템퍼는 금형에 장착이 가능한 4인치 크기로 설계되었고 패턴의 위치는 사출성형시 성형품의 크기 및 위치에 적합하도록 배치하였다.

실험에 사용한 사출성형기는 코글타입의 고속정밀 사출기(동신유압, PRO-25WD)이다. 사용수지는 휴대전화용 도광판에 주로 사용되는 플로카보네이트(PC) 수지를 사용하였다. 표 1은 PC 수지의 물성을 나타낸 것이다.

표 1은 성형조건으로 금형온도를 제외한 다른 공정변수인 사출압력, 보압, 속도, 위치, 시간(가열 및 냉각), 냉각수 온도는 일정하게 유지하였다.

표 1. 사출성형 조건

stroke (mm)	입력 (kg/cm <sup>2</sup> )	속도 (%)	보압 (kg/cm <sup>2</sup> )	시간(sec)		온도(℃)	
				성형	냉각	실린더	냉각수
46.2	90	30	100	4	30	290	20

사출성형에 사용된 금형은 단면가열방식으로 스템퍼가 장착되는 고정측만 가열되며, 이동측은 일반금형과 동일한 구조로 되어 있다. 금형온도는 이동측 금형온도조절기와 칠러(chiller)를 사용하여 가공된 냉각수로를 통하여 냉각수를 순환시켜 금형온도를 80℃로 설정하였고, 고정측은 일반사출방식과 본 연구에서 사용된 E-MOLD 방식으

로 성형되는 복합기능 도광판의 나노패턴 전사성을 비교하기 위해 금형온도를 80~100℃로 설정하였다. 고정축의 가열면은 가열코어, 냉각판, 금형원판 구조로 되어 있다. 가열코어는 E-MOLD에서 가장 중요한 부품으로 급속가열이 이루어지는 판이며 앞면은 제품이 성형되는 면이고, 뒷면은 마이크로 히터와 온도센서로 구성된 전열장치가 장착되어 있다.

E-MOLD 사출성형 사이클(cycle)은 충전 후 금형이 열리면 이동가열코어가 분리되고 전기가 공급되어 전열장치에서 발생하는 열로 금형표면(가열코어)을 가열하여 금형온도를 수지온도 수준까지 가열한다. 금형이 닫히면 수지를 충전시키고 냉각공정에서 이동가열코어가 분리되고 냉각수를 이용하여 급속하게 냉각이 이루어진다. 냉각이 완료되면 성형품을 취출하는 것으로 하나의 사이클이 완성된다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 1은 스탬퍼의 표면을 AFM으로 측정한 사진이다. 실리콘 몰드로부터 전사된 스탬퍼의 패턴의 깊이는 110 nm이고, 패턴 간 공간 주기는 280 nm이었다.

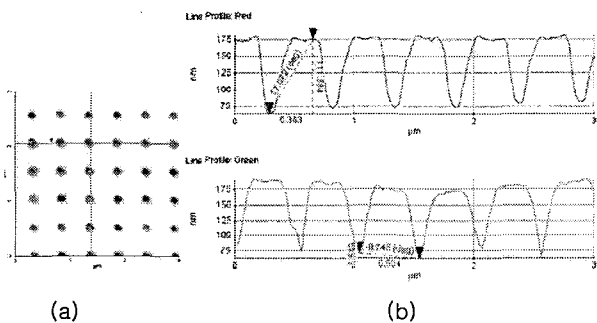


그림 1. 스탬퍼의 AFM 이미지

(a) 2D 이미지 (b) 패턴의 높이, 폭에 대한 분석 프로파일링

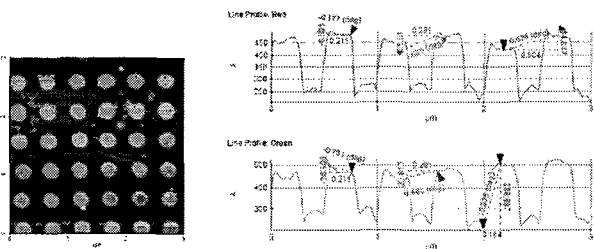


그림 2. 이동코어가 100℃ 일 때 PMMA 도광판의 AFM 이미지

(a) 2D 이미지 (b) 패턴의 높이, 폭에 대한 분석 프로파일링

그림 2는 PMMA 수지를 사용하여 E-MOLD방식을 통해 100℃에서 성형된 도광판의 표면을 AFM으로 측정한 결과이다. 전사된 패턴의 깊이는 29 nm, 패턴 간 공간주기

는 280 nm로 측정되었다. 그림 3은 PMMA 수지의 유리전이 온도인 140℃에서 성형된 도광판을 AFM으로 측정된 결과를 보여주고 있다. 전사된 패턴의 깊이는 45 nm, 패턴 간 공간주기는 280 nm이었다. 100℃에서 성형된 성형품보다 패턴의 깊이가 16 nm 향상되었다.

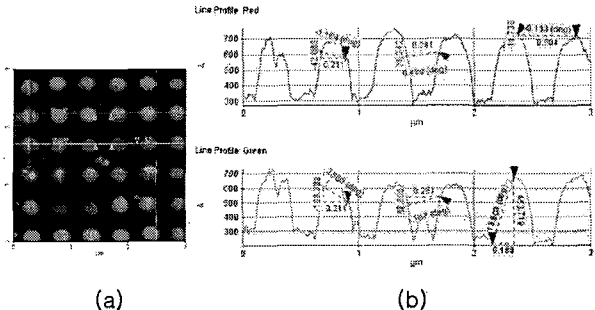


그림 3. 이동코어가 140℃ 일 때 PMMA 도광판의 AFM 이미지

(a) 2D 이미지 (b) 패턴의 높이, 폭에 대한 분석 프로파일링

### 4. 결론

본 연구에서는 전열가열방식의 금형을 이용하는 사출성형기술을 수행하였다. 스탬퍼를 제작하기 위해 포토리소그래피공정을 이용하여 실리콘 몰드를 제작하였고 실리콘 몰드에 니켈을 도금하여 사출성형용 스탬퍼를 제작하였다. 스탬퍼와 금형온도에 따른 도광판의 패턴 전사성을 비교한 결과 패턴의 깊이가 100℃에서 29nm이었는데 140℃에서는 45 nm로 16 nm가 향상하였다. 이는 PMMA 수지의 전사성 및 유동성은 금형온도가 증가할수록 용융된 수지와 금형 사이의 열전달을 최소화시켜 캐비티 내에서 수지의 유동성이 향상됨으로써 향상된 것으로 설명될 수 있다.

### 참고 문헌

- [1] 특허청, "2000년 신기술 동향 조사보고서(백라이트 부분의 저소비 전력화)", 2000.
- [2] 황철진, 김종덕, 허영무, 하수용, 이규현, "LIGA-reflow 마이크로렌즈 패턴 금형 가공 및 LCD BLU 개발," 기계3 기술, pp. 164~168, 2004.
- [3] R. A. Malloy, "Plastic part design for injection molding", Hanser Publisher, Munich, Vienna, New York, 1994.
- [4] S. Fellahi, A. Meddad, B. Fisa and B. D. Favis, "Weldlines in injection molded parts: A Review", Adv. Poly. Tech., Vol. 14, 169, 1995.
- [5] J. A. Chang, S. C. Chen and J. C. Cin, "Rapid mold temperature control on micro injection molded parts with high aspect ratio micro-features", ANTEC 2006, 2006.