

# 마이크로 피라미드 패턴 응용 도광판 제작을 위한 니켈 스탬퍼 제작에 관한 연구

김성곤\*, 유영은\*, 서영호\*, 제태진\*, 황경현\*, 최두선#

## Fabrication of Ni Stamper based on Micro-Pyramid Structures for High Uniformity Light Guide Panel (LGP)

Seong Kon Kim\*, Yeong Eun Yoo\*, Young Ho Seo\*, Tae-Jin Jae\*,  
Kyung-Hyun Whang\* and Doo-Sun Choi #

### ABSTRACT

Pyramid shape of micro pattern is applied to the light guide panel (LGP) to enhance the uniformity of the brightness of the LCD. The micro pyramids are molded in intaglio on the surface of the LGP. The size of each pyramid is  $5\mu\text{m} \times 5\mu\text{m}$  on bottom and the height is about  $3.5\mu\text{m}$ . The pyramids are distributed on the LGP surface randomly to be sparser where the light comes in and denser at the opposite side as a result of a simulation using lighttools™. Based on this design, a silicon pattern master and a nickel stamper are fabricated by MEMS process and electro plating process. Intaglio micro pyramids are fabricated on the 6" of silicon wafer from the anisotropic etching using KOH and the process time, temperature of the KOH solution, etc are optimized to obtain precise shape of the pattern. A Ni stamper is fabricated from this pattern master by electro plating process and the embossed pyramid patterns turns out to be well defined on the stamper. Adopting this stamper to the mold base with two cavities, 1.8" and 3.6" LGPs are injection molded.

**Key Words** : Liquid crystal displays(LCD), Light guide panel(LGP, 도광판), Nickel stamper(니켈 스탬퍼), MEMS, Electro plating(전기 도금), Injection molding(사출 성형)

### 1. 서론

현재 LCD(Liquid crystal displays)는 휴대폰에서 TV, 모니터에 이르기 까지 매우 많은 분야에 응용되고 있다. 그러나 LCD는 빠른 성장과 함께 PDP, OLED와 같은 디스플레이 모듈과 시장 점유율 경쟁을 하고 있다. 이러한 요인들은 LCD

산업에서 생산자들로 하여금 생산 비용 삭감과 성능향상을 요구하고 있으며 이러한 요구 조건들을 충족시키기 위한 한 가지 방법은 LCD를 구성하고 있는 여러 부품들의 기능을 통합할 수 있는 다기능 부품을 설계 및 개발하여 LCD 부품의 수를 줄이는 것이다.<sup>1-6</sup>

LCD를 구성하는 부품 중 가장 중요한 것 중 하나인 백라이트 유닛(backlight unit, BLU)이

접수일: 2006 년 3 월 22 일; 게재승인일: 2006 년 8 월 1 일

\* 한국기계연구원, 나노공정장비연구센터

# 교신저자 : 한국기계연구원, 나노공정장비연구센터

E-mail : choids@kimm.re.kr

이러한 요구조건을 만족시킬 수 있는 부품이다. 이는 BLU가 LCD 가격의 매우 많은 부분을 차지하고 있으며 BLU를 구성하는 부품 또한 많은 수를 차지하고 있기 때문에 BLU의 부품의 수를 줄이고 그 성능을 향상 시킨다면 가격경쟁 및 LCD 성능향상에 매우 많은 기여를 할 것으로 사려되기 때문이다.

LCD 광원인 BLU는 소자의 휘도 및 균일도, 소비전력, 두께 그리고 무게에 있어 LCD의 성능을 향상시킬 수 있는 매우 중요한 역할을 한다.<sup>7</sup> 일반적으로 BLU는 광원, LGP, 그리고 다양한 광학 필름으로 구성되어 있는데 이 부품들 중 LGP는 CCFL이나 LED와 같은 광원으로부터 liquid crystal 모듈로 광원을 운반하는 역할을 한다. 광학 필름은 빛의 휘도를 향상시키고 빛의 균일도를 개선하기 위해 사용된다. 일반적으로 LGP, 광학 필름은 단일 기능을 한다. 따라서 BLU의 특성을 향상시키기 위해서는 많은 광학 필름이 필요하게 된다.

그러나 최근 빛의 휘도와 균일도를 개선하여 LGP의 광 효율을 개선시키고 광학 필름의 개수를 줄일 수 있는 마이크로 패턴 구조물 LGP 개발 연구가 활발히 진행되고 있다. Fig. 1은 일반적인 BLU와 향후 구현하고자 하는 BLU의 계략도이다. Fig. 1(a)에서 보여지는 것과 일반적인 BLU는 광 효율을 높이기 위해 많은 광학 필름이 필요하다. 따라서 Fig. 1(b)와 같이 광 효율을 높이고 생산단가를 낮출 수 있는 다기능 광학 필름과 LGP의 개발이 필요한 실정이다. 이 중 광 효율을 높이고 생산단가를 낮추기 위한 LGP 개발이 시급하다.

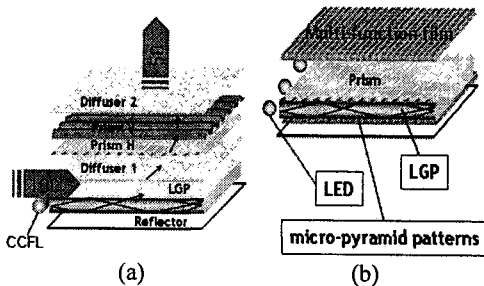


Fig. 1 Comparison between a conventional (a) and a novel (b) backlight unit (BLU)

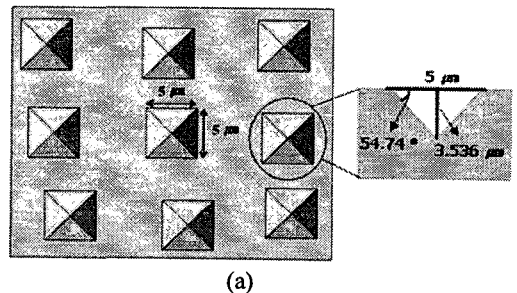
따라서 이러한 LGP를 구현하기 위해서는 마이크로 패턴 설계, 패턴 마스터 및 스템퍼 제작, 그리고 사출성형 공정 등이 개발 되어야 한다. 크기, 모양, 분포도를 고려한 마이크로 패턴

설계는 광특성을 결정하는 중요한 요소이다. 또한 사출성형에 의한 대량생산을 위해 패턴 마스터와 스템퍼는 LGP의 크기(20 인치 이하 LCD)와 패턴에 따라 여러 가지 방법으로 제작될 필요가 있다. 또한 생산 단가를 낮추고 대량생산을 하기 위해서는 사출성형을 이용하여야 한다.

본 논문에서는 LCD의 휘도와 균일도를 향상시키기 위해 마이크로 피라미드 패턴 구조물을 설계하였고 MEMS 공정과 electro-plating 공정을 이용하여 마스터 및 사출성형에 이용하여 대량생산할 수 있는 니켈 스템퍼를 제작하였다.

## 2. 설계 및 시뮬레이션

BLU의 성능을 향상 시키기 위해 많은 형태의 마이크로 패턴들이 설계 및 제작되었으며 그 중 마이크로 피라미드 패턴은 LCD의 휘도와 균일도 특성을 향상 시킬 수 있는 마이크로 패턴이다. 마이크로 피라미드 패턴을 설계하는데 있어 피라미드의 크기와 패턴 분포도가 매우 중요한 요소이다. 그래서 우리는 마이크로 피라미드 패턴의 크기와 분포를 최적화 하여 LCD의 휘도, 균일도 및 광 효율을 높일 수 있도록 설계하였다. 만약 LGP에 어떠한 패턴(일반적인 dot 패턴, 마이크로 피라미드 패턴, 등)이 없다면 LGP의 상부 표면으로 발산된 빛을 균일하고 휘도를 좋게 하기 위해서는 광학필름이 많이 필요하게 된다. 즉 생산 단가가 증가하고 제작공정이 복잡해 진다는 것이다. 따라서 광원으로부터 LCD의 모든 부분에 빛이 고루 분포되고 고휘도를 유지할 수 있고 광학 필름의 수를 최소화 할 수 있는 마이크로 피라미드 패턴을 이용한 복합기능 LGP 설계가 필요하다. 또한 LCD의 모든 부분에 골고루 빛이 분포되게 하고 고휘도를 유지하기 위해서는 마이크로 패턴의 크기 및 밀도 분포가 매우 중요하다.



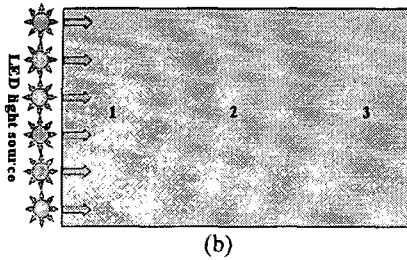


Fig. 2 Schematic diagram of (a) micro-pyramid pattern and (b) 3.6-inch light guide panel (LGP)

그래서 우리는 마이크로 피라미드 구조의 패턴의 밀도 분포와 패턴의 위치 배열의 최적화에 의해 휘도와 균일도를 최적화 하기 위한 LGP를 설계 하였다. Fig. 2는 3.6 인치 LGP에 적용하기 위한 마이크로 피라미드 패턴의 계략도 이다. 마이크로 피라미드 패턴의 전체 크기는 Fig. 2에서 보여지는 것과  $5\mu\text{m} \times 5\mu\text{m} \times 3.596\mu\text{m}$  (length  $\times$  width  $\times$  depth)로 설계하였다. 또한 높은 휘도와 균일도를 얻기 위해 광원으로부터 패턴 밀도를 점점 증가시켜 설계를 하였다(패턴밀도  $3 > 2 > 1$ ). Fig. 3은 시뮬레이션 소프트웨어(SPEOS<sup>®</sup>)를 이용하여 마이크로 피라미드 패턴이 있는 3.6 인치 LGP의 색도표 측정을 통해 휘도 및 균일도 특성을 분석한 결과이다. Fig. 3(a)에서 보여지는 것과 같이 설계된 마이크로 피라미드 패턴 LGP의 휘도 및 균일도가 Fig. 3(b)의 일반적인 마이크로 패턴의 특성보다 우수함을 확인하였다.

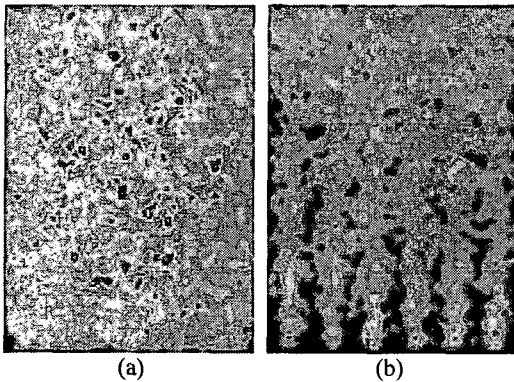


Fig. 3 Brightness uniformity of (a) the micro-pyramid-pattern and (b) a conventional micro-pattern LGP simulated by SPEOS<sup>®</sup> simulation tool

### 3. 제작

설계된 마이크 패턴 LGP를 대량생산하기 위해서는 사출성형공정을 이용하여 생산하여야 한다. 즉 대량 생산을 하기 위해서는 니켈과 같은 금속 스템퍼를 제작하여 사출성형 하여야 하는데 니켈에 직접 마이크로 패턴을 패터닝 하기에는 매우 어렵다. 그래서 우리는 MEMS 공정을 이용하여 실리콘 기판 위에 음각 피라미드 패턴을 형성한 마스터를 제작한 후 전기도금법을 이용하여 실리콘 마스터 위에 니켈을 도금하여 스템퍼를 제작하였다. Fig. 4는 실리콘 기판을 이용하여 제작된 마이크로 피라미드 패턴 마스터 제작 공정이다. 실리콘 기판 위에 산화층을 6000 Å 증착 하였다. SiO<sub>2</sub>위에 감광재(photo-resist, PR)를 1.2 $\mu\text{m}$  스핀코팅한 후 감광재를 패터닝하고 SiO<sub>2</sub>를 에칭 하였다. 그 다음 기판에서 감광재를 제거하고 마지막으로 KOH 솔루션을 이용하여 50°C 온도에서 실리콘을 에칭 하였다. Fig. 5는 MEMS 공정을 이용하여 제작된 마이크로 피라미드 패턴 마스터이다.

Fig. 6은 마이크로 피라미드 패턴 스템퍼의 제작 공정이다. 스템퍼를 제작하기 위해 먼저 마스터 위에 200 nm 두께의 seed layer를 E-beam evaporator를 이용하여 증착하였다. Seed layer(Ni) 위에 전기도금법을 이용하여 0.5 mm 두께의 니켈을 도금하여 니켈 스템퍼를 제작하였다.

제작된 니켈 스템퍼를 이용하여 사출 성형을 하였다. 사출 성형은 Sumitomo사의 전동식 사출기(SE50D)를 이용하였다. 사출 성형에 사용된 소재는 Mitsubishi사의 폴리카보네이트(PC, HL4000)를 이용하였다. 공정 온도는 315°C이며, 100°C, 120°C, 그리고 135°C의 금형 온도에서 성형하였다. 사출 속도 (injection rate)와 보압(packaging pressure)은 150mm/s 와 1000 kgf/cm<sup>2</sup>로 설정 하였다.

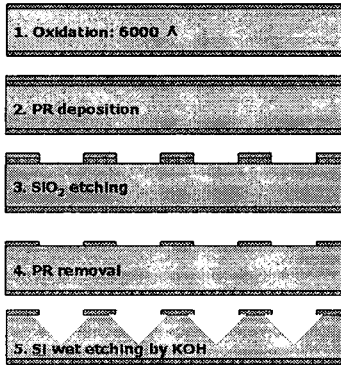


Fig. 4 Fabrication process of the micro-pyramid pattern master on the 6-inch Si wafer

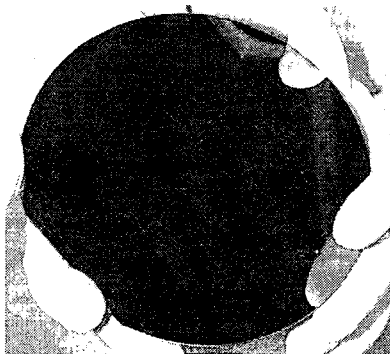


Fig. 5 Fabricated micro-pyramid pattern master

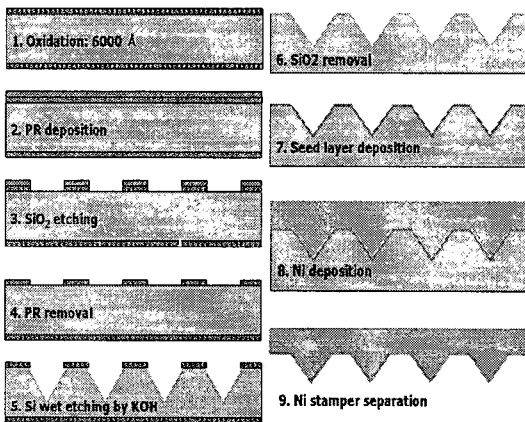


Fig. 6 Fabrication process of the micro-pyramid pattern Ni stamper

#### 4. 결과 및 토의

Fig. 7은 제작된 마이크로 피라미드 패턴 니켈 스탬퍼의 SEM 사진이다. Fig. 7에서 보여주는 것과 같이 어떠한 결함도 발견되지 않음을 확인할 수 있었다.

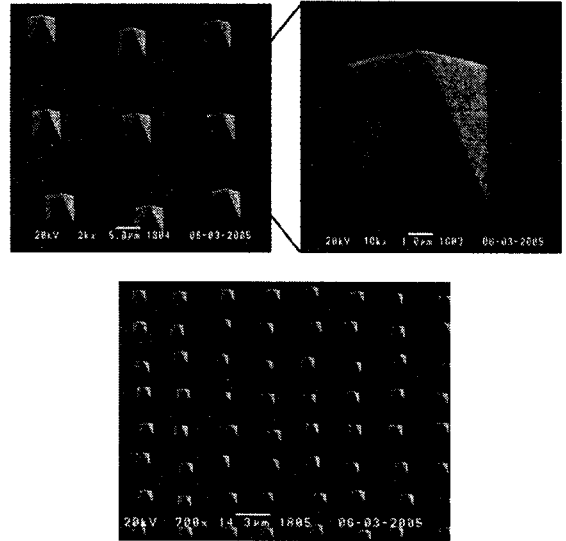


Fig. 7 SEM image of the fabricated micro-pyramid pattern Ni stamper

Fig. 8은 폴리카보네이트(PC)를 이용하여 사출 성형에 의해 제작된 LGP의 SEM 사진이다.

그림에서 볼 수 있듯이 음각의 피라미드 패턴의 한쪽 변에 성형 결함이 발생한 것을 볼 수 있다. 이는 니켈 스탬퍼 면에 형성되어 있는 양각의 피라미드 패턴에 의해 성형 도중 고분자 수지의 유동이 돌출되어 있는 피라미드 패턴의 영향을 받아 분리되었다 만나면서 피라미드 패턴의 게이트의 반대 방향에 미세한 미성형 및 weld line 이 형성되었기 때문으로 판단된다. 이러한 결함들은 replication 하는 데 있어 장애 요인이 되고 또한 LGP 의 광 특성을 감소시킬 것이다. 그러나 몰드 온도를 증가 시킴으로써 이러한 결함은 개선될 것으로 사려되며 LGP 의 광 특성도 향상될 것으로 사려된다.

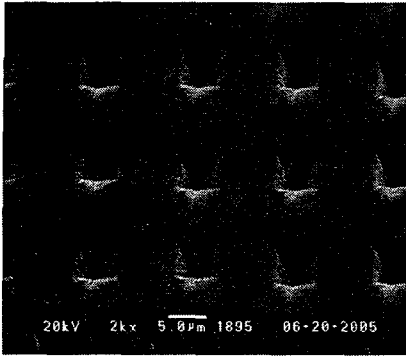


Fig.8 SEM image of LGP fabricated by injection molding

### 5. 결론

본 논문에서는 3.6 인치 LGP 의 휘도와 균일도를 향상시키기 위해 마이크로 피라미드 패턴 설계 및 최적화를 시켰다. 디자인된 마이크로 피라미드 패턴은 LGP의 휘도와 균일도 특성이 매우 우수함을 확인 할 수 있었다. 또한 사출성형에 적용하여 대량생산 및 생산원가를 줄이기 위해 패턴 마스터와 니켈 스템퍼를 성공적으로 제작하였으며 제작된 니켈 스템퍼와 폴리카보네이트(PC)를 이용하여 LGP를 사출 성형하여 제작하였다.

### 후 기

본 연구는 산업자원부가 지원하고 있는 차세대신기술 개발 산업 중 한국기계연구원이 주관하고 있는 “고기능 초미세 광·열유체 마이크로부품 기술개발 사업”의 세부과제로서 수행 중이며 이에 관계자 여러분들에게 감사의 말씀을 올립니다.

### 참고문헌

1. Park, J. and Lim, S., “Design of a thin multiple-lamp backlight system by optical simulation,” SID Int. Symp. Digest Technol. Papers, pp. 690–693, 2001.
2. Harbers, G. and Hoelen, C.G.A., “High performance LCD backlighting using high intensity red, green and blue light emitting diodes,” SID Int. Symp. Digest Technol. Papers, pp. 702–706, 2001.
3. Takeda, Y., Takagi, M., Watanabe, Y., Amano, M.,

and Nakano, H., “High reliability external electrode mercury fluorescent lamp for a LCD TV’s backlight,” SID Int. Symp. Digest Technol. Papers, pp. 346–349, 2002.

4. Tagaya, A., Ishii, S., Yokoyama, K., Higuchi, E. and Koike, Y., “The advanced highly scattering optical transmission polymer backlight,” Jpn J. Appl. Phys., Vol. 41, pp. 2241–2248, 2002.
5. Cornelissen, H.J., Huck, H.P.M., Broer, D.J., Picken, S.J., Bastiaansen, C.W.M., Erdhuisen, E. and Maaskant, N., “Polarized light LCD backlight based on liquid crystalline polymer film,” SID Int. Symp. Digest Technol. Papers, pp. 1178–1181, 2004.
6. West, R.S., Konijn, H., Sillevius-Smitt, W., Kuppens, S., Pfeffer, N., Martynov, Y., Takaaki, Y., Eberle, S., Harbers, G., Tan, T.W. and Chan, C.E., “High brightness direct LED backlight for LCD-TV,” SID Int. Symp. Digest Technol. Papers, pp. 1262–1265, 2003.
7. Feng, D., Yan, Y., Yang, X., Jin, G. and Fan, S., “Novel integrated light-guide plates for liquid crystal display backlight,” J. Opt. A: Pure Appl. Opt., Vol. 7, pp. 111–117, 2005.