

# SCS Micro-lens 패턴 적용 휴대폰 도광판 제작용 미세금형 제작에 대한 연구

오정길<sup>1</sup> · 김종선<sup>2</sup> · 윤경환<sup>3</sup> · 황철진<sup>#</sup>

## A Study on the Fabrication Method of Micro-Mold using 2.2inch LGP by the SCS Micro-Lens Pattern

J. G. Oh, J. S. Kim, K. H. Yoon, C. J. Hwang

(Received December 27, 2010 / Revised January 4, 2011 / Accepted January 14, 2011)

### Abstract

BLU(back light unit) is one of kernel parts of LCD(liquid crystal display) unit. New 3-D micro-lens pattern for LGP(light guide plate), one of the most important parts of LCD-BLU, had been researched. Instead of dot pattern made by chemical etching or laser ablation, SCS(slanted curved surface) micro-lens pattern was designed with optical CAE simulation. This study introduce the method of design using optical CAE simulation for SCS micro-lens, the new fabrication method of micro-mold with SCS micro-lens pattern.

**Key Words** : BLU, LGP, UV-lithography, Immersion Lithography, Electroforming, SCS Micro-lens

### 1. 서론

LCD(liquid crystal display)는 현재 디스플레이 시장의 대부분을 차지하고 있다고 해도 과언이 아니다. LCD는 크게 액정 패널, 구동회로, BLU(back light unit)로 구성되어 있으며, 이중 BLU는 Fig. 1에 도시된 것과 같이 반사판, 도광판, 프리즘 시트, 보호시트 등으로 구성되어 있다. 도광판 하부의 광학패턴에 의해 전반사 혹은 굴절된 광이 도광판에 20~30°의 출사각을 가지나 LCD 패널이 필요로 하는 90°의 출사각과는 큰 차이가 있다. 따라서 낮은 출사각을 90°로 높이기 위해 확산시트와 프리즘시트가 필요로 한다[1]. BLU의 광을 모아주는 프리즘시트의 경우 특정회사의 독점구조로 말미암아 고가의 가격을 유지해 BLU 가격의 40% 가까이 차지하며, 여러 장의 광학시트로 인

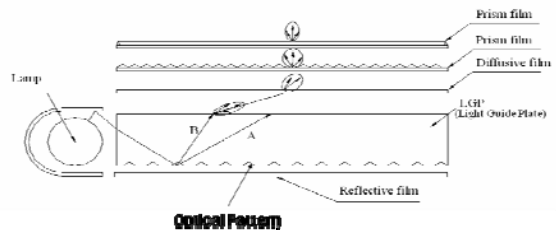


Fig. 1 Schematic diagram of LCD-BLU

한 조립공정으로 인한 불량 및 휘도 불균일이 발생하게 된다.

기존의 도광판용 광학패턴의 경우 chemical etching 혹은 laser ablation을 통해 패턴을 제작하고 있으나, 제작공정의 특성상 다양하고 일정한 모양의 패턴 제작이 불가능하고 표면조도가 좋지 않아 빛의 산란에 의한 손실 때문에 효율을 높이는

1. ㈜마이크로몰드 부설연구소  
2. 한국생산기술연구원 금형기술센터  
3. 단국대학교 기계공학과  
# 교신저자: ㈜마이크로몰드 부설연구소  
E-mail: cjhwang@korea.com

데 그 한계가 있다[2]. 따라서 이러한 문제점을 해결하고자 도광판에 구성되어 있는 패턴의 광학설계를 통해 프리즘 시트 2장 중 1장을 제거할 수 있고, 광학 효율이 우수한 특별한 패턴을 가진 도광판을 제작하고자 연구를 진행해 왔다[3].

본 논문에서는 광학해석을 통해 개발한 SCS (slanted curved surface) micro-lens 패턴의 광학설계, SCS micro-lens 패턴을 가지는 도광판을 생산하기 위해 필요한 미세금형 제작과정을 보여주고자 한다.

## 2. 광학해석

### 2.1 SCS micro-lens 패턴 광학설계

SCS micro-lens 패턴이 적용된 BLU를 설계하기 위해서 본 논문에서는 Fig. 2와 같이 SCS micro-lens 패턴의 주요인자인 길이(L), 경사각( $\theta$ ), 곡률(r)을 변화하여 출사각에 미치는 영향을 파악하고, 최적의 광학패턴을 얻을 수 있도록 진행하였다.

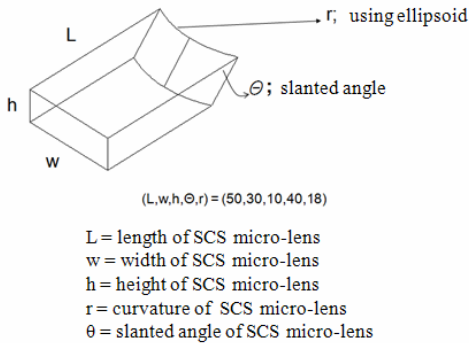


Fig. 2 The schematics of SCS micro-lens pattern

본 논문에 적용한 2.2인치급 도광판에는 약 160만개의 SCS micro-lens가 적용되었으며, 설계된 도광판의 광학특성을 평가하기 위해 광학 해석 프로그램인 OPTIS사의 SPEOS™를 사용하였다.

광학해석 모델은 Fig. 3에 도시한 것과 같이 백색 LED 3개와 0.8mm의 일정한 두께를 가진 도광판, 배면의 반사시트로 되어있으며, 도광판에 굴절율은 실제 사용할 수지인 PC(polycarbonate)의 굴절률 1.59를 적용하여 해석하였다.

### 2.2 SCS micro-lens 광학해석 결과

첫번째, 광학패턴 길이(L)의 영향을 보면 Fig. 4와 같이 길이를 35 $\mu$ m에서 45 $\mu$ m로 변화시켰을 때, 출사광의 분포와 출사각이 90도 부근의 휘도값이

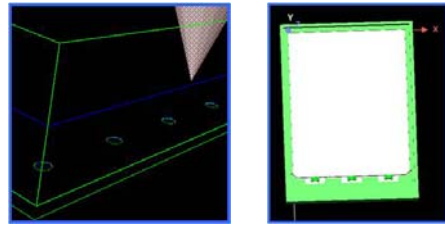
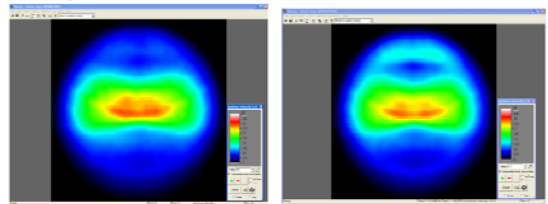
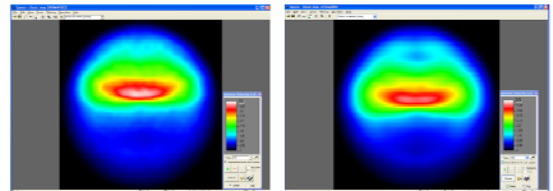


Fig. 3 The images of CAE simulation

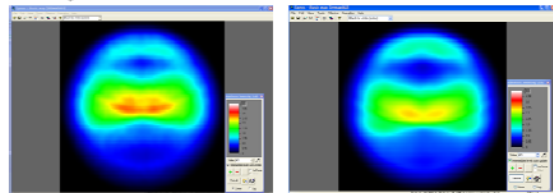


L = 35  $\mu$ m (a) L = 45  $\mu$ m (b)

Fig. 4 Results of optical CAE simulation as variation in length of SCS micro-lens pattern



(a)  $\theta = 35^\circ$  (b)  $\theta = 40^\circ$



(c)  $\theta = 45^\circ$  (d)  $\theta = 50^\circ$

Fig. 5 Results of optical CAE simulation as variation in slanted angle of SCS micro-lens pattern

변하지 크게 변하지 않음을 볼 수 있다.

두번째, 경사각( $\theta$ )이 변화했을 때 광이 출사각 특성을 알기 위해, 경사각을 35도, 40도, 45도, 50도를 적용하여 광학해석을 수행한 결과 Fig. 5에 나타난 바와 같이 경사각이 40도 일 때, 출사각이 90도인 부근에서 높은 휘도값과 좁은 영역으로 광이 분포되어 있어, 최적의 광특성을 보이고 있다.

세번째, 곡률(r)이 변화했을 때 광의 출사각 특성을 알기 위해, 곡률을 12 $\mu$ m, 18 $\mu$ m, 24 $\mu$ m를 적용

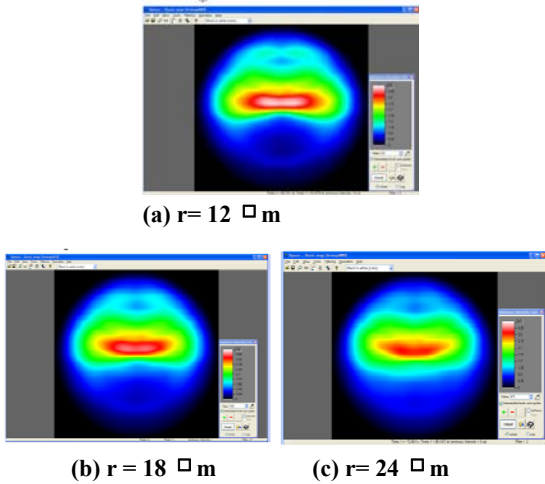


Fig. 6 Results of optical CAE simulation as variation in curvature of SCS micro-lens pattern

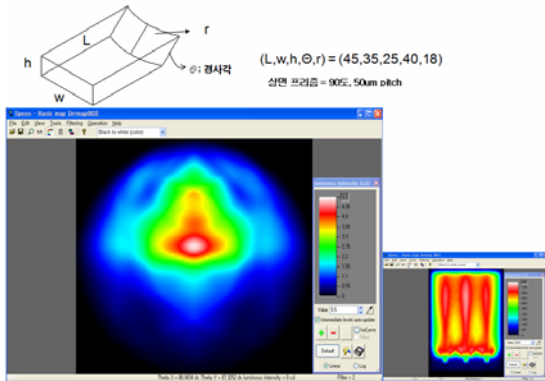


Fig. 7 Results of optical CAE simulation for BLU with optimizing SCS micro-lens and one piece of prism sheet

하여 광학해석을 수행한 결과, Fig. 6에 나타난 바와 같이 출사광의 분포는 비슷하나 곡률이 12 $\mu$ m인 경우, 출사각 90도 부근에서 높은 광 휘도값을 나타내었다.

이상의 결과를 반영하여, 길이 35 $\mu$ m, 경사각 40°, 곡률 12 $\mu$ m인 SCS micro-lens 패턴을 가진 도광판 제작을 수행할 모델을 결정하였다. 도광판 상면에 프리즘 시트 한 장을 적용하여 해석을 실시하였으며, 그 결과 Fig. 7에 나타난 바와 같이 프리즘 시트 한장과 SCS micro-lens 패턴을 가진 도광판만으로도 충분히 광 출사각을 조절할 수 있다는 결과를 얻었고, 이를 토대로 실제 도광판을 제작하는 다음 단계로 진행 하였다.

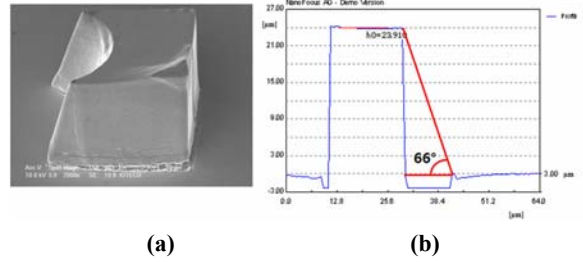


Fig. 8 (a) SEM image and (b) profiler image of SCS micro-lens pattern made by inclined exposure process

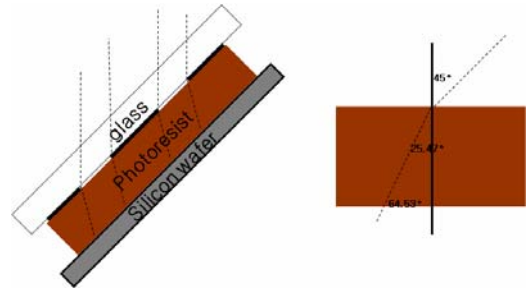


Fig. 9 Cause of SCS micro-lens slanted angle of 66 degrees

### 3. 미세금형제작

#### 3.1 경사노광을 이용한 UV-lithography & Electroforming 공정의 문제점

경사노광을 이용한 UV(ultraviolet)-lithography 공정을 실시 한 후 2번의 Electroforming 공정을 거쳐 양각의 SCS micro-lens를 가지는 미세금형을 제작하였다. Fig. 8은 45°로 경사노광하여 제작한 SCS micro-lens 패턴을 가지는 금형의 SEM과 3D-profiler로 측정한 데이터이다. 측정결과 경사각이 66°인 SCS micro-lens pattern이 제작이 되었다.

경사노광 시 PR(photo-resist)에서 UV의 굴절에 의해 경사각이 매우 크게 나왔다. 현재 사용하는 노광기의 파장이 365nm이며 이 때 PR의 굴절율이 1.644이다. Fig. 9는 PR의 굴절에 따른 입사각 대비 경사각의 예시를 보여주고 있다. 입사각이 45°일 경우 빛이 굴절된 각이 25.47°가 나오면 패턴의 경사각은 64.53°가 된다. 이는 측정된 수치와 근접함을 알 수 있다.

Cr mask의 glass와 공기에서 발생하는 전반사를 고려해 노광장치를 기울일 수 있는 최대 각도는 54.4°이며, 이때, 패턴의 경사각은 60.36°가 된다.

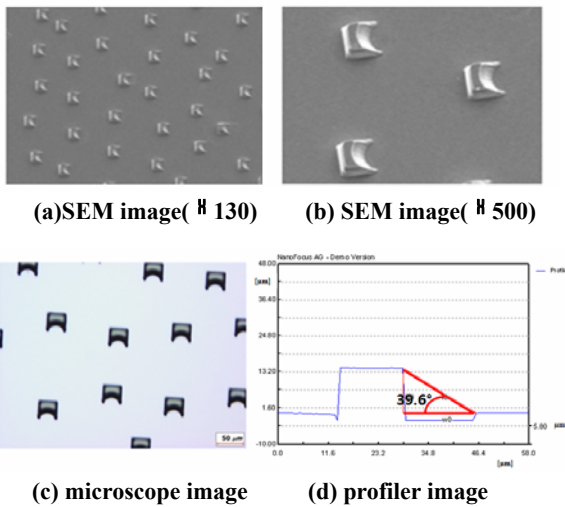


Fig.10 Results of measurement for SCS micro-lens pattern made by immersion lithography and inclined exposure.

따라서 광학해석결과 최적화 시킨 경사각이 40°인 SCS micro-lens 패턴제작은 일반적인 경사노광을 이용한 UV-lithography 방식으로는 힘들다.

### 3.2 Immersion lithography를 이용한 SCS micro-lens 금형제작

경사노광 시 발생하는 굴절을 줄이고 전반사각을 크게 하여 입사각을 크게 만들어 줄 수 있는 방법으로 본 논문에서는 PR이 코팅된 Si 기판과 마스크를 물에 담그고 노광하는 immersion lithography 공정을 이용하여 낮은 경사각을 가지는 SCS micro-lens 패턴을 제작하였다[3]. 물에 담그고 노광함으로써, 기존 공기와 PR에서 발생하는 굴절을 줄이고, 전반사각 또한 커져 경사노광 시 입사각을 크게 만들어 줄 수 있는 효과가 있다. 사용한 PR은 Microchemical사의 AZ9260을 사용하였으며 70°로 경사노광 한 후 두 번의 electroforming 공정을 거쳐 SCS micro-lens를 가진 미세금형을 제작하였다. 그 결과 Fig. 10과 같이 경사각이 약 40°인 SCS micro-lens 패턴 제작이 가능하였다.

## 4. 결론

본 연구는 새로운 마이크로 렌즈를 가지는 도광판 설계를 위해 광학해석을 하였으며, 최적의 광학적 기능을 가지는 SCS micro-lens 패턴을 설계를 하

였다. 또한 immersion lithography 와 Electroforming 공정을 이용하여 경사각이 40°인 SCS micro-lens 패턴을 가지는 미세금형을 제작할 수 있음을 보였다.

추후 제작한 SCS micro-lens 패턴을 가지는 미세금형을 이용하여 사출성형을 통해 도광판을 제작한 후, 휘도 및 출사각을 측정하여, 광학해석 내용과 비교할 예정이다.

## 후 기

본 연구는 2009 중소기업혁신개발사업 중 “SCS micro-lens적용 LED광원 LCD-BLU용 일체형 도광판 금형기술개발”과제의 지원으로 진행되었으며, 이에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- [1] T. Nagahara, A. Fukui, 2001, Light-Guide plate for Liquid Crystal Display, Matsushita Tech. J., Vol. 47, pp. 2~6.
- [2] Y. S. Do, J. S. Kim, Y. B. Ko, J. D. Kim, K. H. Yoon, C. J. Hwang, 2007, A Study on the Surface Characteristics of Injection Mold and Injection Molded Part depending on LGP-Mold Fabrication Methods, Trans. Mater. Process, Vol. 16, pp. 596~602.
- [3] C. J. Hwang, J. S. Kim, Y. B. Ko, Y. M. Heo, 2005, Development of Micro-Optical patterned LCD-LGP Mold using Inclined-Exposure Process, Annual Meeting of Trans. Kor. Soc. Mech. Eng., pp. 1522~1525.
- [4] K. Y. Hung, H. T. Hu, F. G. Tseng, 2004, Application of 3D glycerol-compensated inclined-exposure technology to an integrated optical pick-up head, J. Micromech. Microeng., Vol. 14, pp. 975~983.
- [5] C. J. Hwang, Y. B. Ko, S. Y. Ha, G. H. Lee, Y. M. Heo, 2005, Micro injection Mold Fabrication with modified LiGA Microlens Pattern and its application to LCD-BLU, 21<sup>st</sup> Annual Meeting of the Polymer Process Soc.
- [6] Y. S. Do, C. J. Hwang, K. H. Yoon, 2007, A Study on the Improvement of Optical Efficiency for The 2 inch LGP Considering Injection Molding Characteristics, Trans. Mater. Process, Vol. 17, pp. 322~327.