



ISSN 1225-8024(Print)  
ISSN 2288-8403(Online)

한국표면공학회지  
J. Korean Inst. Surf. Eng.  
Vol. 49, No. 2, 2016.

<http://dx.doi.org/10.5695/JKISE.2016.49.2.178>

<연구논문>

## UV 임프린팅법에 의한 필름형 광도광판의 제조 및 특성 연구

김형관, 김소원, 이희철\*

한국산업기술대학교 신소재공학과

### Fabrication and Characterization of Film Type Light Guide Plates by UV Imprint Lithography

Hyeong-Gwan Kim, So-Won Kim, Hee-Chul Lee\*

Department of Advanced Materials Engineering, Korea Polytechnic University,  
Siheung, Gyeonggi 15073, Korea

(Received February 13, 2016 ; revised March 7, 2016 ; accepted April 12, 2016)

#### Abstract

In this study, we have fabricated light guide plates (LGP) in thin film form for edge type back light unit (BLU) by using UV imprint lithography. In the LGPs, the pattern of functional resins on PC and PMMA substrates were successfully transferred from original master mold through PVC stamp. Optimized pattern arrays with slowly-sloped density were designed to obtain high brightness and uniformity. We could obtain a relatively improved brightness of  $950 \text{ cd/m}^2$  and a uniformity of 87.3% by using the NP-S20 functional resins at an input power of 1.3 W because NP-S20 resin could show high formability after UV hardening process. The LGP prepared on polymethylmethacrylate (PMMA) substrate exhibited higher brightness than that on polycarbonate (PC) substrate because PMMA has lower refractive index resulting in more refraction toward the vertical direction.

*Keywords : Light guide plates, Functional resin, BLU, Hot embossing, Imprint lithography*

## 1. 서 론

현재 LCD(Liquid Crystal Display)를 기반으로 하는 디스플레이는 휴대폰, 카메라, 노트북 컴퓨터 등의 모바일 디스플레이 시장에서 상대적으로 높은 점유율을 보이고 있다. 최근 각광을 받는 OLED(Organic Light Emitting Diode) 디스플레이는 LCD디스플레이에 비해 시야각, 소비전력, 명암비에서 장점을 보이며 시장 점유율을 늘려가고 있지만, 여전히 LCD 디스플레이가 생산단가와 능력에서 장점을 가지고 있으며, 지속적인 성능개선을 통해서 당분간 시장

에서 우위를 점할 것으로 예상되고 있다. LCD 디스플레이는 비자발광(non-emissive light) 디스플레이로서 광원 역할을 하는 백라이트유닛(Back Light Unit, BLU)이 필요하다. 기존의 BLU는 냉음극형광램프(Cold Cathode Fluorescent Lamp, CCFL)를 이용하였으나 환경적 측면, 소비전력의 감소의 이유로 LED (Light Emitting Diode)가 광범위하게 사용되고 있다. LED를 이용한 BLU는 디바이스의 박형화와 소비전력 감소를 위해 측면에서 빛을 공급하는 엣지형 BLU를 주로 이용하고 있는데 대형화, 저전력, 고효율, 고휘도, 균일도, 슬림화 등 여러 측면에서 그 성능의 향상이 요구되고 있다. 이러한 문제들을 해결하기 위해 엣지형 백라이트 유닛은 반사 시트, 프리즘 시트, 확산 시트 등 여러 장의 광학 시트와 LED의 점광원을 면광원화 시켜주는 역할을 하는 도광판(Light Guide Plate, LGP)의 기능

\*Corresponding Author: Hee-Chul Lee

Department of Advanced Materials Engineering, Korea Polytechnic University  
Tel: +82-31-8041-0589 ; Fax: +82-31-8041-0599  
E-mail: eechul@kpu.ac.kr

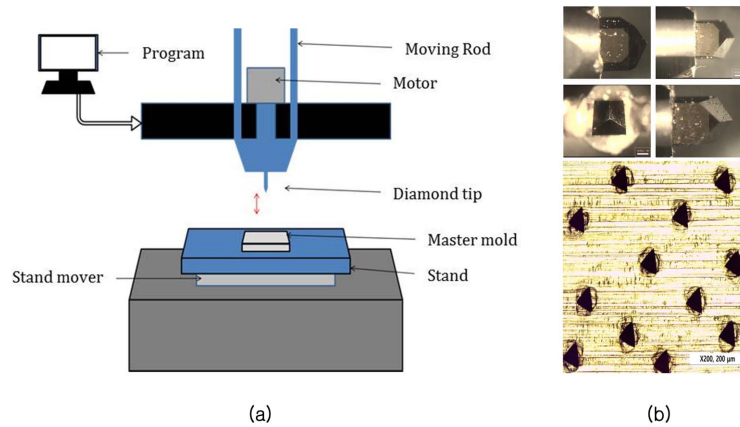


Fig. 1. (a) Schematic diagram of master molding system, (b) Observed pattern images of diamond tips and original mold by master molding system.

성 패턴 등을 이용하여 휘도 및 균일도의 향상을 도모하고 있다[1-3]. 도광판은 광원으로부터 출사되는 광을 BLU 전체 면적에 균일하게 분포시키는 역할을 하며, 특정한 패턴을 이용하여 측면에서 입사된 광의 방향을 꺾어 주어 전반사 또는 반사시트에 의한 반사를 이용하여 도광판 상부로 추출시켜준다. 현재 도광판은 주로 플라스틱 사출 성형에 의해서 제조가 되는데 매우 미세한 패턴의 경우는 액체 플라스틱의 유체 저항에 의해서 완벽히 형성되지 않을 수 있으며, 공정 과정에서의 온도의 상승 및 하강은 도광판 전체 형상의 변화를 일으킬 수 있다. 따라서, 최근에는 미세한 패턴을 성공적으로 형성할 수 있으면서도 온도의 상승 및 하강 공정이 필요하지 않은 UV 임프린트 공정을 도광판에 사용하고자 하는 연구가 많이 진행되고 있다 [4]. 본 연구에서는 UV 임프린트 공정을 이용하여 다양한 패턴을 갖는 기능성 레진을 포함하는 도광판을 형성하였다. 그리고, 형성한 도광판을 엿지형 BLU로 구성하여 도광판 기판의 종류와 두께, 그리고 기능성 레진의 종류와 패턴 배열 변화가 광휘도 및 휘도 균일도에 어떤 영향을 미치는지에 대해서 연구하고자 한다.

## 2. 실험방법

본 연구에서는 임프린트 패턴을 위한 마스터 몰드를 제작하기 위해서 그림 1(a)와 같은 마스터 몰딩 시스템(UPM-150S, Techmac)을 사용하였다. 마스터 몰딩 시스템은 컴퓨터에 입력된 패턴에 따라 모터가 움직이면서 다이아몬드 팁이 진동하면서 하부 스탠드 위에 고정된 Al 6061강판위에 패턴을 생성한다. 다이아몬드 팁의 형상은 그림 1(b)에서 보여지는 것과 같이 사각기둥 위에 삼각뿔이 얹혀져

있는 형태의 기하학적 구조를 가지고 있으며, 마스터 몰딩 공정 직후에 Al 6061 강판 위에 패턴이 삼각뿔 형태로 형성되어 있는 것을 현미경으로 확인할 수 있었다[5].

제작한 마스터 몰드를 이용하여 그림 2(a)와 같이 스탬프를 만들었는데 PVC(poly vinyl chloride) 폴리머 기판에 핫엠보싱(hot embossing)을 이용하여 제작하였다. 마스터 몰드 패턴을 전사하기 위한 핫엠보싱 조건은 PVC 유리전이온도보다 약간 높은 120도의 온도와 20 bar의 압력을 이용하였다. 도광판의 최종적인 제작을 위해서 마이크로패턴된 기능성 레진을 UV 임프린트 리소그래피로 형성하는 과정은 그림 2(b)에 나타내었다. 먼저 핫엠보싱으로 제작된 PVC 기판은 공정 후에 기판과의 이형성을 높이기 위해서 표면에 SAM (self-assembled monolayer) 층을 형성해 주어야 하는데, SAM 코팅 전에 20 nm 두께의 실리콘 산화물을 스퍼터링법에 의해서 증착한다. 실리콘 산화물 증착후에 용액 상에서 SAM 층을 형성하는데 사용된 SAM 물질은 [(heptadcafluoro-1,1,2,2-tetra-hydrodecyl) trichloro-silane (CF<sub>3</sub>(CF<sub>2</sub>)<sub>7</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> SiCl<sub>3</sub>)]이었다. 우선 도광판으로 사용될 기판 위에 기능성 패턴을 형성하기 위한 UV 레진을 드롭한다.

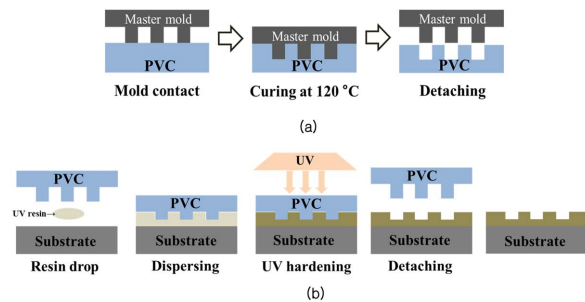


Fig. 2. Fabrication procedures of (a) PVC stamp by hot embossing and (b) final micro-patterned functional resin layer by UV imprint lithography.

본 연구에서 총 4가지의 상업용 UV 경화 레진들이 사용되었는데 NP-S20(굴절률  $n \sim 1.527$ , Shin-A T&C), MIP( $n \sim 1.498$ , Minuta technology), PR-58H( $n \sim 1.578$ , Minuta technology), SUD-470( $n \sim 1.472$ , Shin-A T&C) 등이었으며, 도광판 제작을 위한 기판으로는 0.11 mm, 0.23 mm, 및 0.49 mm의 두께를 가진 PC(polycarbonate,  $n \sim 1.59$ )와 0.49 mm의 두께를 가진 PMMA(polymethylmethacrylate,  $n \sim 1.49$ )등이 이용되었다. 드롭된 액체 상태의 UV 레진이 기판 위에서 골고루 잘 퍼지지 위해서 SAM이 코팅된 PVC 스탬프로 20 bar의 압력으로 충분히 눌러준 후에  $25 \text{ mW/cm}^2$ 의 에너지밀도를 가진 UV광을 30분동안 조사하여 기판 위에서 UV 레진을 고체 상태로 경화시켰다. UV에 의한 경화는 레진 속에 포함되는 광개시제(photoinitiator)의 고분자화 과정에 의해서 진행된다[4-6]. UV 레진이 충분히 경화된 이후에 PVC 스탬프를 기판으로부터 이형시키면 최종적으로 기능성 패턴 형태의 UV 레진층을 포함하는 도광판 기판이 제작된다. 마스터 몰드기판, 스탬프 기판, 및 도광판 기판 위에 형성된 패턴들의 형상은 모두 이중간섭 현미경(dual interference contrast microscope, Observer D1m, Axio)으로 관찰하였다.

제작된 도광판 기판은  $30 \times 50 \text{ mm}^2$ 의 크기로 제작되었는데 그 위에 확산시트와 두 장의 프리즘시트 등 세 장의 광학필름을 적층하여 수직 방향으로의 휘도가 최대가 되도록 조절하였으며, 알루미늄지가 하부 반사판의 역할을 하도록 하였다. 이에 대한 전반적인 모식도는 그림 3에 나타내었다. 측면 광원으로는  $3.8 \text{ mm} \times 0.6 \text{ mm}$ 의 크기의 SMD-LED 6개를 균일하게 배열하였는데 도광판 기판의 30 mm 측면으로 빛이 입사되도록 정렬하여 BLU 모듈을 제작하였다. BLU 모듈의 LED를 발광시키기 위해서 인가된 전력은 1.3 W이었으며, 휘도 측정은 photometer (PR-655 SpectraScan, Photo Research)를 이용하여 이루어졌다. 측정의 정확도를 높이기 위해 삼각대를 이용하여 photometer를 고정시켰으며, 제작한 도광판이 결합된 백라이트유닛과 photometer사이의 거리는 430 mm을 유지하면서 측정하였다.

도광판의 휘도 균일도를 측정하기 위해서 도광판의 측정 지점을 총 9개로 지정하였는데 제작한 도광판의 50 mm면을 따라 이루어졌다. 측정 지점들 간의 거리는 동일하게 5 mm로 고정하였는데 최초 측정지점은 측면 광원에서의 거리가 5 mm 인 중앙 지점에서 진행하였고, 최종 측정지점은 50 mm의 도광판에서 광원으로부터 45 mm 거리 그리고 광원이 없는 면에서부터 5 mm지점 중앙에 위치한다. 이와

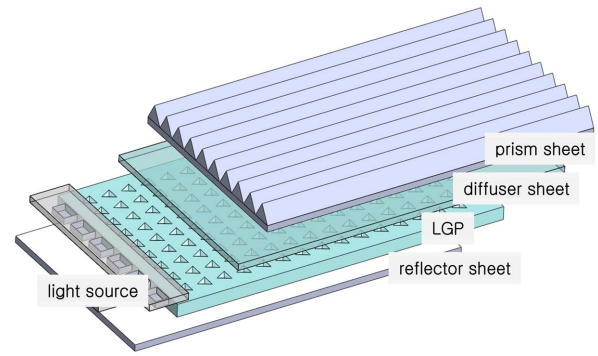


Fig. 3. Structure of back light unit measurement system.

같이 9개의 각 측정지점에서 휘도를 각각 측정하였으며, 균일도(uniformity)는 아래의 식 (1)과 같이 정의하였다[7].

$$\frac{L_{min}}{L_{max}} \times 100 = \text{Uniformity (\%)} \quad (1)$$

$L_{min}$  : Minimum luminance ( $\text{cd/m}^2$ )

$L_{max}$  : Maximum luminance ( $\text{cd/m}^2$ )

### 3. 실험결과 및 토의

그림 4은 이중간섭 현미경을 이용하여 핫엠보싱에 의해서 제작한 PVC 스탬프의 표면과 UV 임프린트 리소그래피에 의해서 최종적으로 형성된 레진을 갖는 도광판 표면을 관찰한 사진들이다. 그림 4(a)의 PVC 스탬프의 경우 마스터 몰드 패턴과 유사한 크기의 삼각뿔 패턴이 양각으로 돌출되어 형성된 것을 확인할 수 있었고, 그림 4(b)의 도광판 표면의 레진은 두 번의 반전 복제(reverse duplication)를 통하여 마스터 몰드와 동일하게 음각의 삼각뿔

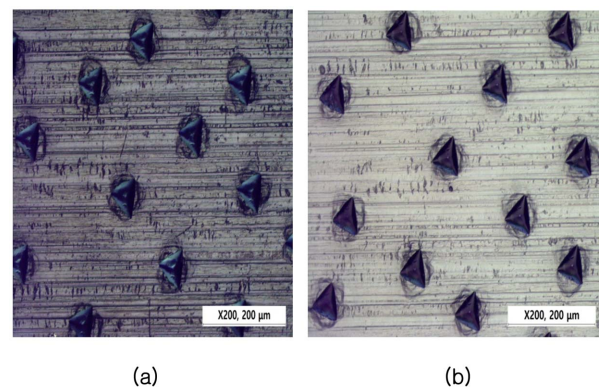


Fig. 4. Observed surface images of (a) PVC stamp through hot embossing and (b) final micro-patterned resin of LGPs through UV imprint lithography.

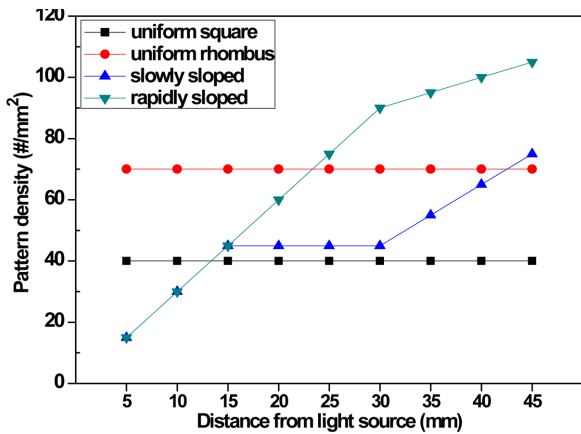


Fig. 5. Distribution of pattern density graphs for four kinds of pattern arrays.

패턴이 형성된 것이 관찰되었다. PVC 스탬프 및 최종적으로 형성된 도광판 표면에 있는 삼각뿔 패턴의 형상 크기는 마스터 몰드 형상과 거의 유사하였는데 이는 핫엠보싱 및 UV 임프린트 리소그래피를 거치면서 형상의 패턴 전사가 구조 및 디멘전의 왜곡 없이 이루어졌음을 의미한다. 이와 같이 형성된 삼각뿔 형태의 음각 패턴 배열들은 빛이 패턴에서 반사와 굴절을 일으키게 하여 측면 광원에서 입사한 광이 궁극적으로 원하는 방향인 도광판의 전

면부로 효과적으로 향하게 할 수 있다[8].

본 연구에서는 최적의 패턴을 도출하기 위해 네 가지 형태의 패턴 배열을 설계하였다. 네 가지 형태의 패턴배열은 균일한 정방정(uniform square), 균일한 육방정(uniform rhombus), 완만 경사(slowly sloped), 및 급격 경사 (rapidly sloped) 배열 등이다. 그림 5는 각각의 패턴 배열들에 대한 패턴 밀도 함수의 분포를 나타내는데 x축은 광원으로부터의 거리, y축은 #/mm<sup>2</sup> 단위의 패턴 밀도를 의미한다. 앞서 실험방법에서 설명한 바와 같이 첫 측정지점은 광원에서 5 mm 거리에 있으며, 지점간의 간격은 5 mm로 고정하였다. 균일한 정방정 및 균일한 육방정 패턴은 입광부로부터 원광부까지 전 영역에서 패턴간 배열 거리가 각각 70 /mm<sup>2</sup>과 40 /mm<sup>2</sup>으로 일정하게 유지하도록 설계한 패턴 구조인데 정방정은 정사각형 격자를, 육방정은 마름모 기본 격자를 갖도록 배열하였다. 완만 경사 및 급격 경사 등 경사 배열 구조는 입광부 근처의 밀도는 낮게 시작하여 원광부로 갈수록 패턴 밀도가 증가하는 패턴 설계 구조로써 초기에는 거의 유사한 패턴 밀도를 가진다. 하지만, 완만 경사는 광원으로부터의 거리가 20 mm가 넘어서면 30 mm지점까지 일정한 패턴밀도를 가지다가 그 이후 패턴 밀도를 증가시킨 반면에 급격 경사는 광원으로부터의 거리가 증가함에 따라 지속

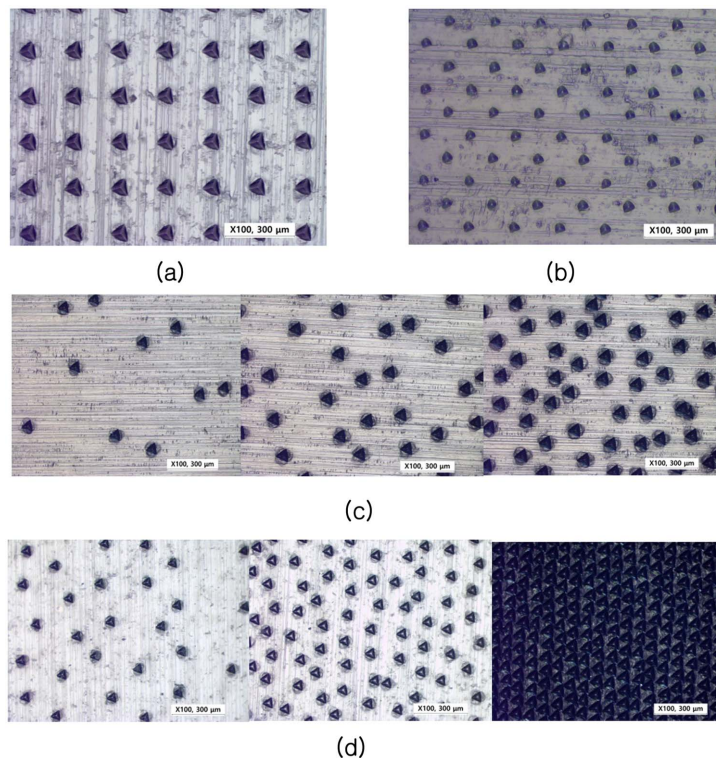


Fig. 6. Observed surface images of (a) uniform square, (b) uniform rhombus, (c) slowly-sloped graded and (d) rapidly-sloped graded patterns.

적으로 패턴 밀도를 증가시켰다.

그림 6은 앞선 그림 5에서 보여주었던 다양한 밀도 분포를 가지는 네 가지 패턴들을 기능성 레진을 통하여 도광판 위에 형성한 후에 표면을 관찰한 사진이다. 그림 6(a) 및 그림 6(b)는 각각 균일한 패턴 밀도를 갖는 정방형 및 육방형의 배열을 나타내고 있는데 도광판 샘플의 어느 지점을 찍어도 동일한 패턴 밀도를 가지고 있었다. 그림 6(c) 및 그림 6(d)는 각각 완만 경사 및 급격 경사 패턴 배열 샘플에서 광원으로부터의 거리에 따라 임의로 세 지점을 선택하여 표면을 관찰한 사진을 붙여 놓은 것이다. 각각 왼쪽 사진은 광원으로부터 5~15 mm 영역 근처의 입광부에서, 가운데 사진은 20~30 mm 영역 근처에서, 오른쪽 사진은 35~45 mm 영역 범위에서 임의로 선택해서 촬영한 사진들인데 특히 급격 경사 패턴 배열의 경우 맨 오른쪽 사진의 경우 매우 높은 패턴 배열에 의해서 패턴끼리 중첩됨을 확인할 수 있었다. 중첩된 패턴에서는 입사된 빛이 패턴에서 반사와 굴절을 충분하게 하지 못하므로 빛이 도광판의 전면부로 효율적으로 향하지 못 할 수 있을 것으로 생각된다.

그림 7은 앞서 제작한 네 가지 다른 배열을 갖는 도광판 샘플에 대하여 광원으로부터의 거리에 따른 휘도의 변화를 정리한 그래프이다. NP-S20레진을 이용하여 0.23 mm의 두께를 갖는 PC 기판 위에 도광판을 제작하였다. 균일 정방 및 균일 육방 패턴 배열을 갖는 도광판 들은 광원으로부터 거리가 증가함에 따라 휘도가 전반적으로 크게 감소하는 특성을 나타냈으며, 계산한 휘도 균일도는 각각 39.4% 및 17.4%로 매우 낮았다. 반면, 완만 경사의 배열 패턴을 갖는 도광판의 경우는 지점에 따라 830~950 cd/m<sup>2</sup>의 휘도 분포를 나타내며 87.3%의 높은 균일도를 나타내었다. 일반적으로 광원으로부터의 거리가 증가하면 전반부로 빛이 빠져나가거나 매질에서의 빛이 흡수되면서 광밀도가 급격하게 감소하므로, 광원으로부터 거리가 먼 원광부에 높은 패턴 밀도를 두고 입광부 근처에는 낮은 패턴 밀도를 둘 경우 빛이 고르게 전반부로 빠져 나갈 것을 예측할 수 있다[9-11]. 하지만, 광원으로부터 거리가 증가함에 따라 지속적으로 패턴 밀도를 증가시킨 급격 경사 패턴을 갖는 도광판의 경우는 광원으로부터 거리가 멀어지면서 휘도가 급격하게 감소하면서 10.5%의 매우 낮은 휘도 균일도를 나타내었다. 앞서 그림 6에서 관찰된 중첩된 패턴이 효율적인 발광을 일으키는 데 방해가 되었다고 생각할 수도 있지만, 휘도의 감소가 20 mm인 지점에서 급격하게 이루어졌다는 측면에서 기판 전체에서 빛이 균일하게 도광판을 따라 전달이 되지

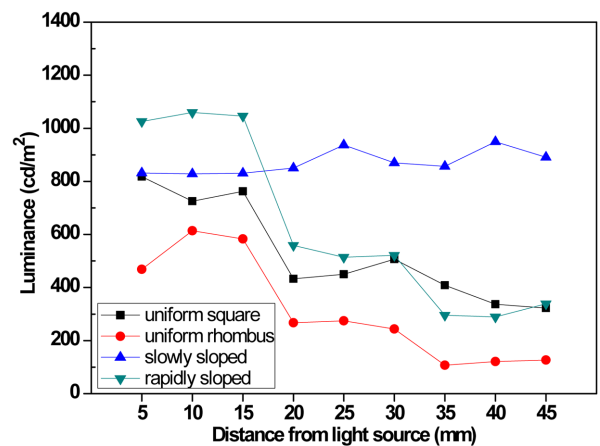


Fig. 7. Luminance of the fabricated LGPs with various pattern arrays as a function of distance from light source.

않는 것으로 생각된다. 따라서, 전체적으로 높은 패턴 밀도에 의해서 기판이 왜곡 변형되어 LED 광원과 도광판의 정렬이 잘 이루어지지 않은 것으로 판단된다. 앞으로 진행할 레진 및 기판 변화 실험에서는 유일하게 높은 휘도 균일도를 나타낸 완만 경사 패턴을 갖는 도광판으로 제작하였다.

UV 레진의 종류가 도광판의 특성에 미치는 영향을 살펴보기 위해서 본 연구에서는 네 종류의 상업용 레진을 이용하였다. 사용한 레진은 앞서 실험방법에서 설명하였듯이 NP-S20(n~1.527), MIP(n~1.498), PR-58H(n~1.578), SUD-470(n~1.472)들이었다. 기판은 0.49 mm의 두께를 갖는 PC 기판을 사용하였으며, 그림 6에서 높은 휘도 균일도를 나타낸 완만 경사 패턴을 형성하여 도광판을 제작하였다. 그림 8은 이렇게 제작한 네 종류의 도광판에 대하여 광원으로부터의 거리에 따른 휘도의 변화를 측정하여 정리한 그래프이다. MIP 레진의 경우 휘도 균일도가 58.4%로 낮았는데 이는 UV를 통해 경화되는 과정에서 기판의 변형이 발생한 것과 관련이 있다고 생각된다. 휘어진 도광판을 백라이트유닛에 고정시킨다고 하더라도 잔류 응력에 의해 기판이 변형되었을 경우 광원과 도광판의 정렬이 부분적으로 잘 맞지 않을 확률이 높아지기 때문이다. 나머지 세가지 레진들을 사용한 샘플들의 경우 비교적 좋은 균일도를 나타내었다. PR-58H 레진을 이용한 경우 입광부에서 1100~1200 cd/m<sup>2</sup>, 대광부에서 860~915 cd/m<sup>2</sup>의 휘도를 보였으며, 균일도는 71.6%이다. NP-S20 레진을 이용한 경우, 입광부는 830~848 cd/m<sup>2</sup>, 대광부는 994~1004 cd/m<sup>2</sup>의 휘도를 보였으며 균일도는 82.8%를 보였다. SUD-470의 휘도 균일도는 76.4%이었는데 전반적으로 약간 낮은 휘도를 나타내었다. 그림 8에서 도출한 결과에서는 UV 레진들의 광학

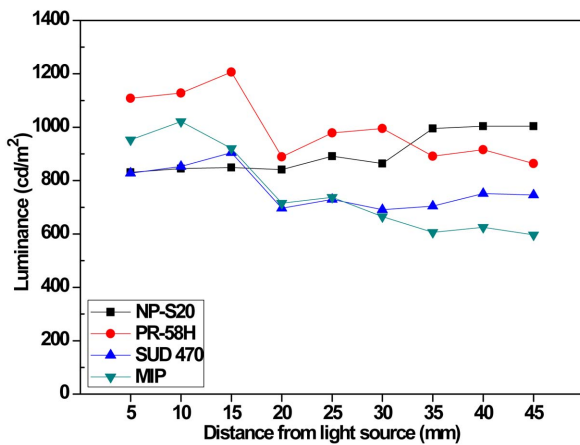


Fig. 8. Luminance of the fabricated LGPs with various functional resins as a function of distance from light source.

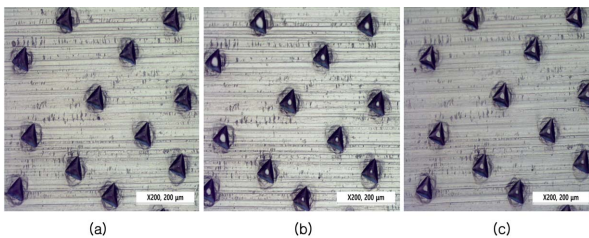


Fig. 9. Observed surface images of the fabricated LGPs with various resins: (a) NP-S20, (b) PR-58H, and (c) SUD 470.

적 굴절률과 휘도 및 균일도의 광학적 특성과의 상관관계를 설명할 수 없었다.

앞선 그림 8에서 나타난 레진에 따른 휘도 및 균일도의 광학적 특성에 대한 변화의 원인을 찾기 위해서 형성된 패턴들의 물리적인 형태를 현미경으로 관찰하였다. 그림 9는 NP-S20, PR-58H 그리고 SUD-470 레진들을 이용하여 제작한 도광판의 표면 사진을 관찰 비교한 것인데, NP-S20과 달리 PR-58H 및 SUD-470에서는 삼각뿔의 꼭지점 부분이 하얗게 보이는 것으로 보아 삼각뿔 꼭지점 부근이 편평하게 형성된 것을 확인할 수 있었다. 이는 동일한 스탬프로 가압한 후에 UV로 경화하는 과정에서 삼각뿔의 꼭지점 부근에서 액상 형태의 UV레진의 경화가 제대로 일어나지 않아 패턴의 꼭지점이 제대로 형성되지 않았기 때문인 것으로 사료된다. 꼭지점이 제대로 형성되지 않을 경우 패턴에서 반사와 굴절이 상대적으로 적게 이루어지므로 빛이 도광판의 전면부로 효율적으로 향하지 못 할 수 있을 것이므로 PR-58H 및 SUD-470가 NP-S20보다 낮은 휘도 및 균일도를 나타내는 것은 이와 관련 있다고 생각된다[1].

그림 10(a)는 기판의 두께에 따른 도광판의 광원으로 부터의 거리에 따른 휘도 균일도를 정리한 그

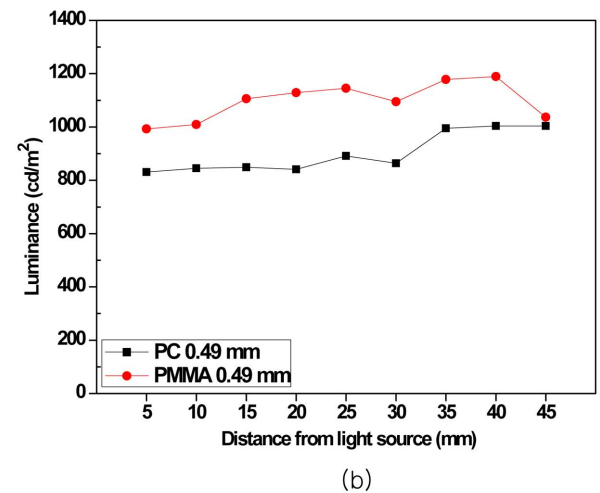
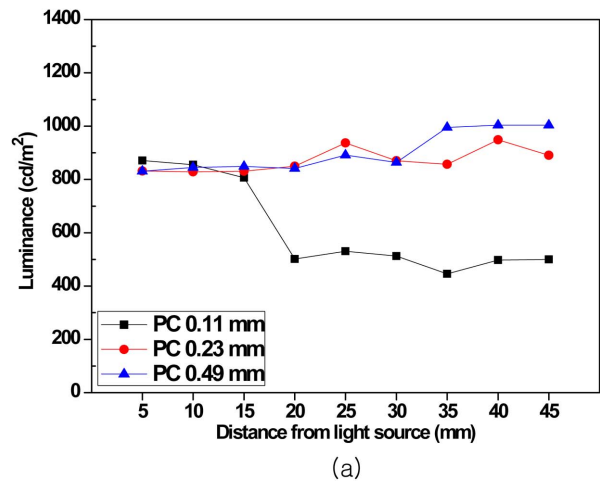


Fig. 10. Luminance of the fabricated LGPs (a) with different substrate thicknesses and (b) with different substrate materials as a function of distance from light source.

래프이다. 도광판을 제작하기 위한 기판은 PC를 사용하였으며, 레진은 그림 8 및 그림 9에서 좋은 광학적 특성 및 완벽한 형상을 나타낸 NP-S20을 이용하였다. 가장 얇은 0.11 mm의 PC 기판을 이용할 경우 전반적으로 낮은 휘도 및 51.2%의 낮은 균일도를 나타내었는데 이는 측면 광원 LED의 디멘전에 비해 기판의 두께가 상당히 얇아 수광 면적이 감소되었기 때문과 도광판 내부에서의 빛의 경로가 짧아서 상대적으로 입광부 주변에서 빛이 상부로 빨리 빠져나가기 때문이다. 0.23 mm 및 0.49 mm의 PC 기판을 서로 비교하면 입광부 부근에서는 휘도 차이가 거의 없었는데 원광부 영역으로 가면서 두꺼운 기판에서의 휘도가 증가하였다. 이는 본 연구에서 사용한 BLU 시스템에서는 0.23 mm 이상의 두께에서는 수광 면적에 따른 효과가 거의 포화된다는 것과 두꺼운 기판의 경우 빛의 경로가 길어지면서 원광부 주변까지 빛이 잘 전달되는 것을 의미한다.

따라서, 계산된 휘도 균일도는 0.23 mm 두께의 PC기판을 사용하는 경우 87.3%으로 오히려 0.49 mm의 PC 기판을 사용한 경우의 82.8%보다 크게 나타났다. 그림 10(b)는 NP-S20레진을 이용하여 0.49 mm의 PC 기판 및 PMMA 기판에 제작한 도광판의 광원으로부터의 거리에 따른 휘도 변화를 비교 정리한 결과이다. 각각 휘도 균일도는 82.8%, 83.5%의 값으로 거의 차이가 없었으나, 전반적으로 PMMA 기판을 사용하는 경우가 높았다. 같은 기판 두께이므로 동일한 수광 면적을 나타내며, 동일한 패턴을 갖는 NP-S20 레진을 사용하였는데 기판의 종류에 따라 휘도가 전반적으로 200 cd/m<sup>2</sup> 가량이나 차이가 나는 것은 기판의 굴절률로 설명할 수 있다. PMMA 기판은 레진보다 상대적으로 굴절률이 낮기 때문에 빛의 전파에서 기판 및 레진 계면에서 굴절이 일어날 때 휘도의 증가에 도움이 되는 수직선 방향으로 굴절이 일어나는 반면, PC 기판을 이용할 경우 굴절이 수평선 방향으로 이루어지기 때문에 전반적으로 휘도가 감소된 것으로 생각된다[14].

#### 4. 결 론

본 연구에서는 핫엠보싱 방법 및 UV 임프린팅 공정을 이용하여 PC 및 PMMA 기판 위에 마스터 몰드와 동일한 패턴을 포함하는 기능성 레진층을 전사하는 방법으로 박막형 도광판을 제작하였다. 이러한 방법으로 짧은 시간 내에 마스터 몰드의 패턴과 거의 동일한 형태의 변형 없는 패턴을 복제할 수 있었으며, 옛지형 LED 광원 모듈과 결합하여 BLU를 제작하여 휘도 및 균일도를 측정하였다. 다양한 밀도 분포 배열, 여러가지 상업용 레진, 기판의 두께 및 종류의 변화가 제작한 BLU의 휘도 및 균일도에 미치는 영향을 조사하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다. 첫째, 높은 휘도 및 균일도를 얻기 위해서는 도광판의 패턴은 균일한 밀도 분포가 아닌 경사 밀도 분포를 이루어야 하는데 본 연구에서 제시한 완만 경사 패턴을 통하여 1.3 W의 입력 전력에서 950 cd/m<sup>2</sup>의 휘도와 87.3%의 휘도 균일도를 얻을 수 있었다. 둘째, 기판 표면에 형성되는 기능성 레진의 경우 마스터 몰드의 형상을 변형 없이 형성할 경우 높은 휘도 및 균일도를 나타내는데 본 연구에서 사용한 상업용 레진에서는 NP-S20이 가장 우수한 특성을 나타내었다. 마지막으로 기판은 두께가 두꺼워질수록 수광 면적이 증가하고 광경로가 증가하여 도광판 내에서의 광전달이 촉진되었으며, 굴절률이 레진에 비해 상대적으로 낮은 PMMA 기판의 경우 PC에 비해서 높은 휘도를 나타내었다.

본 연구에서 제시된 UV 임프린트 리소그래피에 의한 도광판 제조방법은 향후 몰투몰 프로세스와 결합하여 개선될 경우 높은 생산성과 정밀성을 갖는 기술로 기존의 플라스틱 사출 성형 기술의 한계점을 극복할 수 있는 가능성을 가지고 있다고 판단된다.

#### References

- [1] B. -H. Hong, Technology trend of backlight for LCD, J. Kor. Inst. Electr. Electron. Mater. Eng., 17 (2004) 3-9.
- [2] J. -M. Han, J. -G. Shon, High Brightness Prism Light-guide Plate for TFT-LCDs Using Optical Simulation and Novel Injection Mold Process, Trans. Kor. Inst. Electr. Eng., 61 (2012) 93-96.
- [3] C. -Y. Kim, Technology trend of backlight unit materials, Kor. Info. Display. Soc., 6 (2005) 5-10.
- [4] J. -J. Lee, S. -Y. Park, K. -B. Choi and G. -H. Kim, Nano-scale patterning using the roll typed UV-nanoimprint lithography tool, MicroElec. Eng., 85 (2008) 861-865.
- [5] E. -S. Park, T. -J. Je, H. -J. Choi, E. -C. Jeon, M. -C. Kang, Wear characteristics of V shape diamond tool for micro prism pattern with Al alloys, Trans. Nonferrous Met. Soc. China, 22 (2012) s769.-s774
- [6] J. -C. Yang, C. -C. Huang, Fabrication of dual brightness enhancement structures on light guide plates using UV roll-to-plate imprinting lithography, Optik, 124 (2013) 3324-3328.
- [7] G. -S. Lee, J. -H. Jeong, S. -J. Yoon, D. -H. Choi, An integrated design approach for Light Guide Panel (LGP) of Back Light Unit (BLU) to improve the Optical Performance of Liquid Crystal Display (LCD), Optical Eng., 48 (2009) 1048-1052.
- [8] C. -J. Li, Y. -C. Fang, M. -C. Cheng, Prism-pattern design of an LCD light guide plate using a neural-network optical model, Optik, 121 (2010) 2245-2249.
- [9] C. -F. Lin, Y. -B. Fang, P. -H. Yang, Optical film with microstructures array for slim-type backlight applications, Optik, 122 (2011) 1169-1173.
- [10] Y. -C. Kim, LGP pattern design with single LED light source, Optik, 125 (2014) 1341-1345.
- [11] S. -W. Oh, N. Kim, E. -S. Kim, J. -W. Ahn, Optimization of the Dual-layer LGP for Improving Luminance and Uniformity of Edge Type Back Light Unit, Kor. J. Optics. Photonics, 21 (2010) 247-253.
- [12] Y. -C. Kim, D. -W. Kim, T. -S. Oh, Y. -M. Lee, S. -J. Ahn, H. -S. Kim, LGP Pattern Design by Using a Pattern Density Function with Simple

- Exponential Function, Kor. J. Optics. Photonics, 21 (2010) 97-102.
- [13] P. -H. Huang, T. -C. Huang, Y. -T. Sun, S. -Y. Yang, Fabrication of large area resin microlens arrays using gas-assisted ultraviolet embossing, Optics. Express, 16 (2008) 3041-3048.
- [14] G. -H. Kim, W. -J. Kim, S. -M. Kim, J. -G. Son, Analysis of thermo-physical and optical properties of a diffuser using PET/PC/PBT copolymer in LCD backlight units, Displays, 26 (2005) 37-43.