

## BLU 패턴 크기에 따른 LGP 출력 특성 연구

김영철<sup>†</sup>

선문대학교 자연과학대학 신소재과학과  
 ☎ 336-708 충남 아산시 탕정면 갈산리 100

(2007년 10월 19일 받음, 2007년 12월 28일 수정본 받음)

현재 TFT-LCD(Thin Film Transistor Liquid Crystal Display)에 사용되는 BLU(Back Light Unit) 패턴 크기는 수 십  $\mu\text{m}$ 인데 반해, 최근에는 BLU 패턴의 크기를 수  $\mu\text{m}$  또는 그 이하로 조절함으로써 출력광의 휘도를 증가시키고 균일도를 향상시키고자 하는 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 패턴의 크기, 분포 및 점유 면적이 출력광의 분포에 미치는 영향을 조사하였다.

주제어 : TFT-LCD, BLU, Pattern, LGP

### I. 서 론

최근 모니터와 TV의 평판 디스플레이 시장에서 TFT-LCD, PDP(Plasma Display Panel), OLED(Organic Light-emitting Diode)간의 경쟁 그리고 국가 간의 경쟁이 치열하게 전개되고 있다. 특히 우리나라는 전 세계의 디스플레이 분야에서 선두를 달리고 있는 입장에서 선두를 계속 유지하기 위한 노력을 경주하고 있다. 경쟁의 우위를 차지하기 위해서는 가격 경쟁력은 물론 전력소모, 응답속도, 시야각, 크기 등에 관한 기술 우위를 선점해야 하며, 이와 관련된 기술을 확보하기 위한 노력을 기울이고 있다.<sup>[1-5]</sup>

이러한 노력 중 하나로 TFT-LCD의 BLU패턴을 소형화하는 연구를 들 수 있다. BLU는 그림 1(a)에서와 같이 광원, LGP(Light Guide Plate), 확산시트, 그리고 프리즘 시트 등으로 이루어져 있다. 그림 1(b)에 도식적으로 나타낸 바와 같이 광원으로부터 LGP로 입사된 빛은 LGP를 따라 수평방향으로 진행하다 LGP에 가공된 패턴에 의해 진행 방향을 바꾸어 수직방향으로 배출되게 된다. LGP로부터 나온 빛은 확산시트를 거치면서 여러 방향으로 퍼져서 전체적으로 균일하게 분포되고, 다시 프리즘 시트를 거치면서 방향성이 개선되어 디스플레이 면에서의 휘도를 증가시킨다. 현재는 기술적으로 각 부품을 단일화하거나 개수를 축소시키는 등의 연구를 통하여 가격을 낮추고 광특성을 향상시키려는 노력이 이루어지고 있다. 이러한 연구 중에 LGP에 형성되는 패턴의 크기, 모양, 분포 등 패턴 최적화를 통하여 출력을 높이고 그 균일도를 향상시키기 위한 연구가 진행되고 있다.

현재 TFT-LCD에서 주로 사용되는 BLU 패턴의 크기는 반경이 약 20  $\mu\text{m}$  정도인데, 이보다 작은 패턴을 사용하는 경우에 대한 연구가 요구되고 있다. 패턴의 크기를 보다 작게 하면 가공에 어려움이 있어 한 차원 높은 가공 기술을 요하

지만, 더 많은 패턴을 조밀하게 넣을 수 있기 때문에 전체적으로 휘도를 향상시키고 출력 빛의 균일도가 개선될 것으로 예상되기 때문이다. 미세 패턴의 효과를 실험으로 검증하는데는 많은 시간과 비용이 요구되므로, 본 연구에서는 전산 시뮬을 통하여 그 효과를 분석하였다.

### II. 전산 시뮬을 이용한 분석

전산 시뮬으로 BLU 패턴 크기 변화에 따른 효과를 분석하기 위하여 SPEOS(OPTIS, Germany)라는 소프트웨어를 활용하였다. 패턴의 크기와 패턴이 점유하는 면적의 효과를 분석하기 위해 그림 2에 제시되어진 바와 같이 10 mm × 10 mm × 1 mm 크기의 LGP를 기본구조로 채택하였고, 광원은 면광원으로 550 nm 단일 파장을 Lambertian형태로 방출하도록

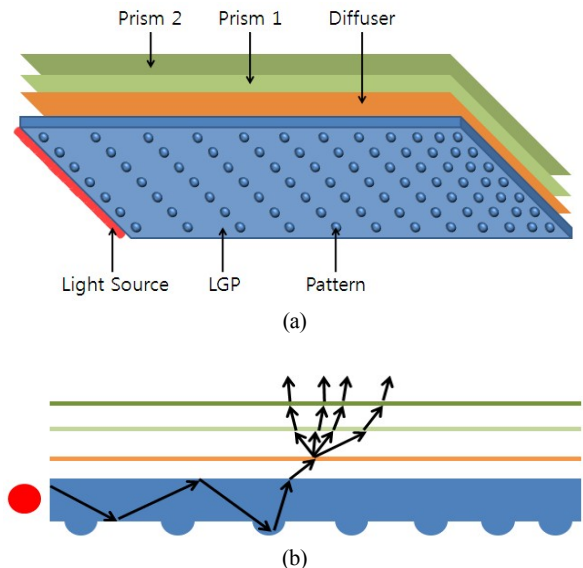


그림 1. (a) BLU의 기본 구조, (b) BLU에서 각 부품의 역할.

<sup>†</sup>E-mail: yckim@sunmoon.ac.kr

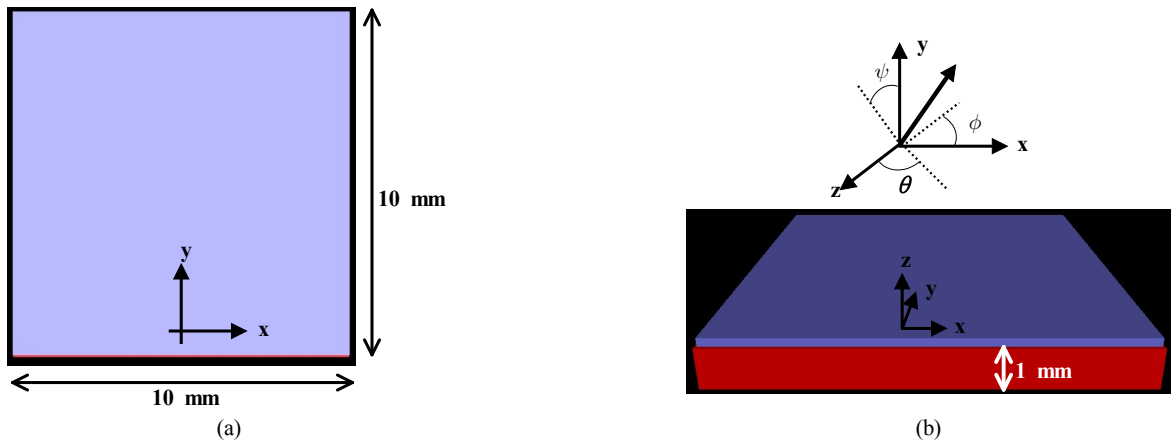


그림 2. (a) BLU 전산 시뮬 모델 구조 및 (b) 좌표계.

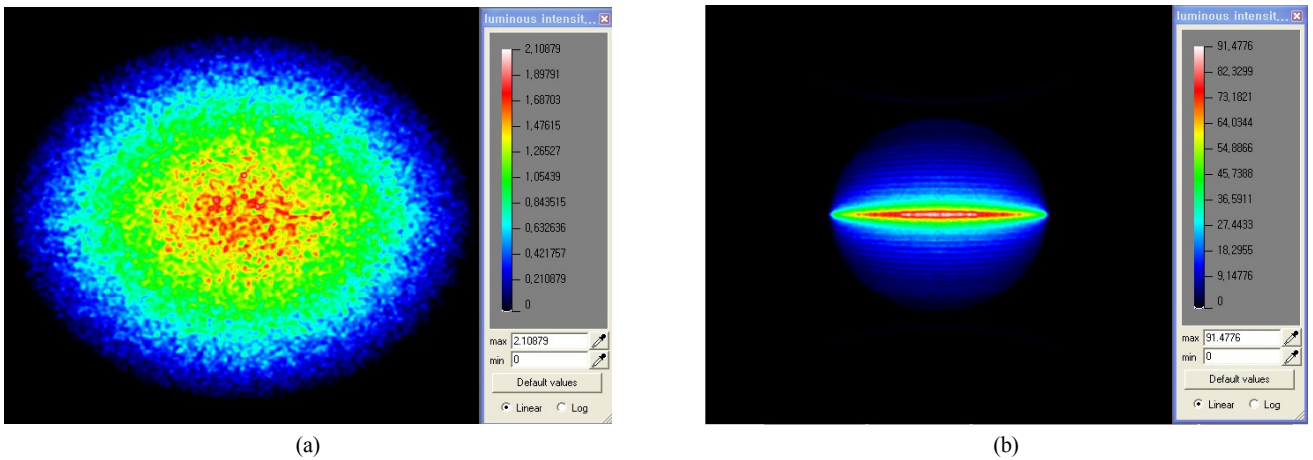


그림 3. (a) 광원의 출력 분포 (b) LGP 내부의 y=5 mm에서의 출력 분포.

설정하였다. 그림 2(b)에 제시된 좌표계에서 광원은  $y = -0.2$  mm 위치에 놓여있고, 빛은  $y$  방향으로 진행하도록 하였다. LGP의 굴절율은 1.49이고 광 흡수율은  $1.70 \times 10^{-3}/\text{mm}$ 이며, LGP의 양 옆면과 뒷면은 패턴 아랫면에 모두 반사판을 설치하여 빛이 외부로 빠져 나가는 것을 차단하였다. 또한 광원으로부터 방출되는 광선 수는 100만개로 고정하여 광 특성을 조사하였다.

먼저, 광원의 특성을 분석하기 위하여 LGP에 패턴을 넣지 않고 광원과 패턴이 없는 평판 LGP로 이루어진 간단한 모델에 대하여 사전 분석을 시도하였다. 그림 3(a)는 광원의 각  $\phi$ 와  $\psi$ 에 대한 광 분포이고 (b)는 LGP 내부  $y=5$  mm에서의 각  $\phi$ 와  $\psi$ 에 대한 분포이다. LGP 내부에서는 LGP 내부 전 반사로 인하여 각  $\psi$ 에 대하여는 일그러진 모양을 하고 있다.

그림 4는 LGP 내부에서  $y$ -축에 따른 세기 분포로  $y$ -축에 수직인 detector를 설치하여 조도를 측정하는 것이다. 빛의 진행 방향으로 거리가 멀어짐에 따라 LGP에 내부에서의 흡수에 의하여 세기가 점점 감소하는데, 전반부에서는 광원으로부터 거리에 반비례하고, 광원으로부터 먼 곳에서는 거리에 따라 선형적으로 감소하는 것으로 나타났다. 이에 따라 광원

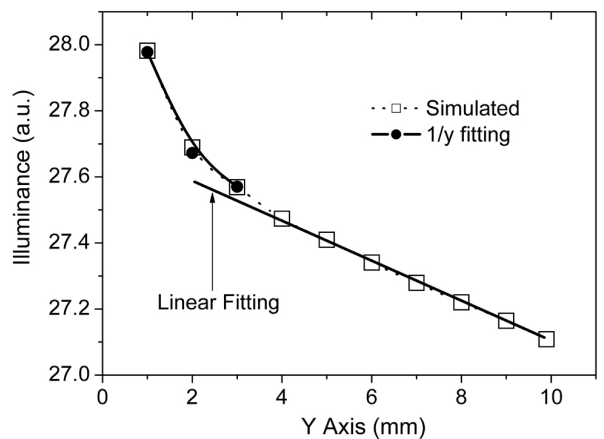


그림 4. 패턴이 없는 경우, LGP 내부에서의 빛의 세기.

으로부터 가까운 LGP 앞부분과 광원으로부터 먼 LGP 뒷부분의 세기 균일도를 맞추기 위하여 패턴의 간격 조정이 요구됨을 알 수 있다.

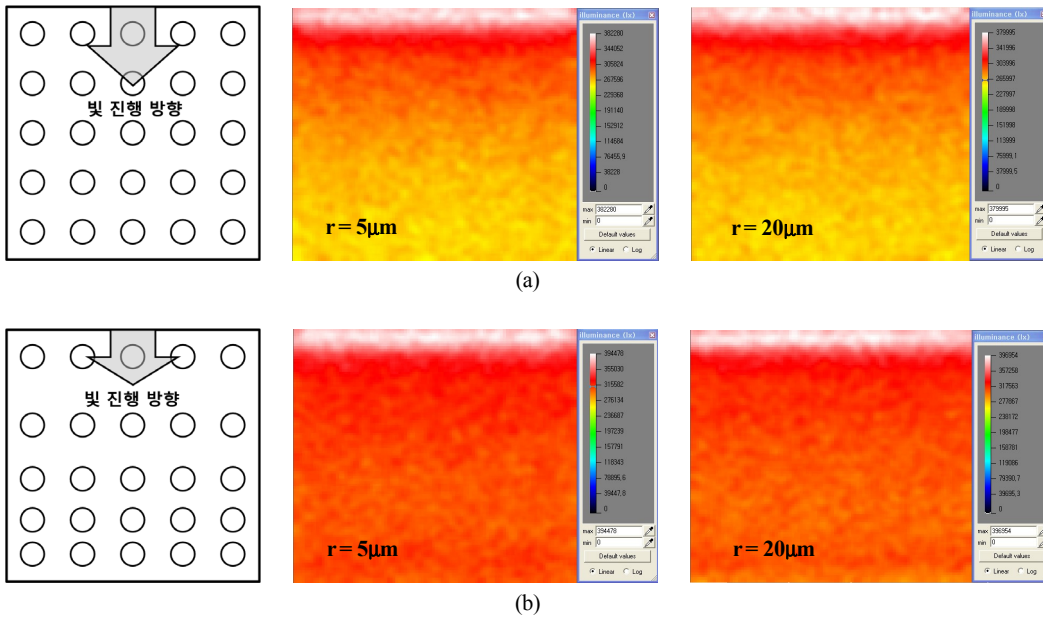


그림 5. 빛의 세기 분포 (a) 등간격 패턴 (b) 간격이 조정된 패턴.

2.1 패턴 분포에 따른 효과

출력 특성에 대한 패턴의 영향을 조사하기 위해 LGP 밑면에 반구형 패턴을 양각으로 가공한 모델을 만들어 전산 시뮬 실험을 수행하였다. 양각의 패턴 외에는 모든 조건을 동일하게 하여 계산한 결과를 그림 5(a)에 제시하였다. 그림에서 빨간 색은 빛의 세기가 강한 것을 의미하며, 노란색은 약한 빛, 그리고 파란색은 매우 약한 빛을 의미한다. 패턴이 없는 LGP 모델과 유사하게 광원으로로부터 LGP 내부로 입사된 빛의 세기는 진행 방향으로 급격하게 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

이러한 문제를 보완하기 위해 패턴 분포에 변화를 모색하였다. 그림 4에서 패턴이 없는 LGP 내부에서 빛의 세기가 선형적으로 감소하는 것에 착안하여, 진행 방향으로 빛의 세기를 균일하게 개선할 목적으로 LGP 앞쪽에 비해 뒤쪽으로 갈수록 패턴 밀도의 수를 선형적으로 증가시킨 모델을 도입하였다. 즉, 패턴들 사이 간격  $d'$ 을

$$d' = 2d(1 - \alpha \frac{y}{Y}), 0 \leq y \leq Y$$

으로 광원으로부터의 거리  $y$ 에 비례하도록 조절하여 앞쪽은 패턴 밀도가 낮게, 뒤쪽은 조밀하게 배열하였다. 여기서  $Y$ 는 빛의 진행방향에 대한 LGP 길이 (10 mm),  $d$ 는 패턴을 균일하게 배열하였을 때의 패턴 간격으로 패턴의 중심에서 다음 패턴의 중심까지의 거리로 정의하였으며 그 거리는 패턴의 반지름 4배로 규정하였다. 따라서 균일한 패턴인 경우 패턴과 패턴 사이의 공간은 패턴의 크기 즉, 지름과 같다. 또한  $\alpha$ 는 패턴의 점유 면적을 조절하기 위해 도입한 상수로서 본 연구에서는  $\alpha = (1 - d/Y)$ 로 설정하여 패턴 간격을 광원 근처는

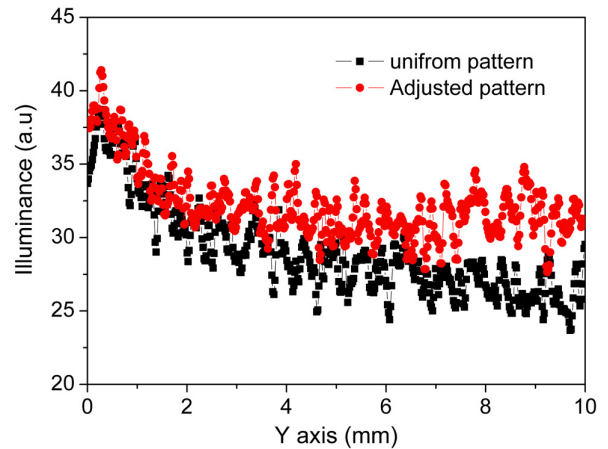


그림 6.  $r = 5 \mu\text{m}$ 인 경우,  $y$ -축에 대한 세기 분포.

그 간격을 원래의 두 배로 늘려 패턴의 밀도를 낮추었고 광원으로 멀어질수록 패턴 간격을 줄여 패턴을 밀도를 높였다.

그림 5(b)는 패턴 간격이 조절된 LGP 모델에서 얻은 전산 시뮬 결과이다. 그림 5(a)에 제시된 등간격 패턴 모델의 경우와 비교하면, 그림 5(a)에서는 빛의 세기가 광원 근처에서 매우 밝고 광원으로 멀어질수록 급격하게 어두워지는 반면, 패턴 간격을 조절한 그림 5(b)의 경우에는 광원근처에서 여전히 빛의 세기가 밝지만 거리에 따른 감소율이 상대적으로 크지 않아 전체적인 균일도가 확연히 개선된 것을 확인할 수 있다. 이러한 현상은 패턴의 크기에 무관하게 나타났다. 그림 5(a)와 (b)에서 왼쪽 그림은 패턴 반경이  $5 \mu\text{m}$ 인 경우에, 오른쪽 그림은 패턴 반경이  $20 \mu\text{m}$ 인 경우에 각각 얻은 결과인데, 유사한 결과를 보이고 있음을 알 수 있다. 그림 6은 패턴 반경이  $5 \mu\text{m}$ 인 경우에,  $y$ -축을 따라 얻은 빛의 세기 변화를

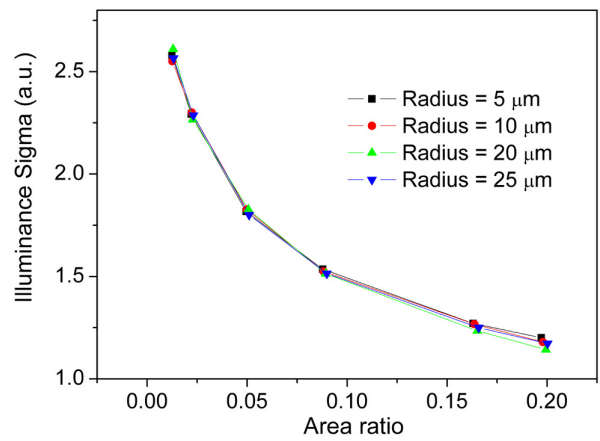
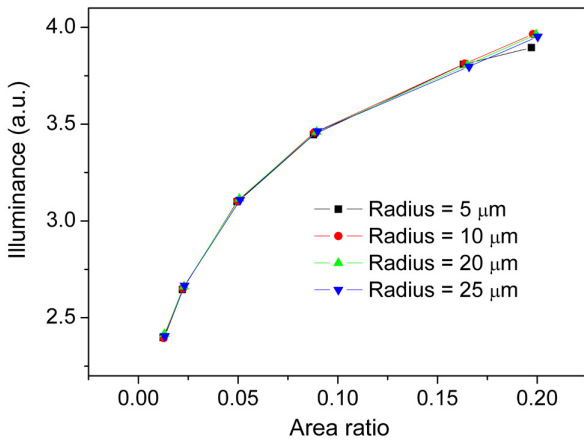


그림 7. 다양한 패턴 반경에 대하여 면적 비율에 따른 (a) 출력 및 (b) 출력 표준 편차.

그래프로 나타낸 것이다. 광원으로부터 거리가 먼 곳에서 빛의 세기의 균일성이 뚜렷하게 개선된 것을 확인할 수 있다.

### 2.2 패턴의 면적 점유율에 따른 효과

패턴의 크기 및 면적 점유율의 영향을 조사하기 위해 서로 반지름의 크기가 다른 네 종류의 반구형 패턴을 설정하여 그 효과를 조사하였다. 각각의 패턴 반지름은  $r=5\ \mu\text{m}$ ,  $10\ \mu\text{m}$ ,  $20\ \mu\text{m}$ , 그리고  $25\ \mu\text{m}$ 으로 선택하였다. 이렇게 선택한 패턴에 대해, 패턴이 점유하는 면적 비율(즉, 면적 점유율)을 변화시켜 면적 점유율에 따른 출력의 변화를 조사하였다. 각각 다른 크기의 패턴으로 동일한 패턴 면적을 얻기 위해 패턴 크기에 따라 패턴의 수를 변화시켰다. 즉 패턴 반경  $r=5\ \mu\text{m}$ ,  $10\ \mu\text{m}$ ,  $20\ \mu\text{m}$ , 그리고  $25\ \mu\text{m}$  각각에 대하여 패턴 사이의 간격을 각각 10%, 50%, 100%, 200%, 300% 증가시켜, 패턴이 점유하는 면적을 축소시켰다. 즉 패턴의 기본 간격  $d$ 를  $d=d(1+\beta)$ ,  $\beta=0.1, 0.5, 1, 2, 3$ 로 바꿔 가면서 그에 따른 출력 변화를 연구하였다. 패턴의 면적 점유율은 각 LGP 모델에서 패턴 면적의 총합을 LGP 총 면적으로 나눈 값으로 정의하였다.

그림 7은  $r=5\ \mu\text{m}$ ,  $10\ \mu\text{m}$ ,  $20\ \mu\text{m}$ , 그리고  $25\ \mu\text{m}$ 에 대하여 면적 점유율에 따른 출력 및 출력의 표준 편차를 보여 준다. 패턴 반경에 상관없이 패턴의 면적 점유율이 커짐에 따라 출력 빛의 세기가 증가하는 것을 알 수 있다. 면적 점유율의 증가에 따라 처음에는 출력이 급격하게 증가하다가 점점 포화 상태에 접근해 가는 것으로 보인다. 빛의 세기만 개선되는 것이 아니라 표준편차 역시 면적 점유율에 따라 현저하게 줄어드는 것으로 보아 균일성도 개선됨을 알 수 있다.

출력과 균일도 모두 패턴의 면적 점유율에 크게 의존하지만 패턴의 크기에는 큰 영향을 받지 않는 것을 좀 더 구체적으로 확인하기 위하여 패턴의 면적 점유율을 약 20%로 고정하고 패턴의 크기에 따른 출력을 분석하였다. 반경이 큰 패

표 1. 반지름에 따른 패턴이 차지하는 면적 비율

반지름 $r$	$5\ \mu\text{m}$	$10\ \mu\text{m}$	$20\ \mu\text{m}$	$25\ \mu\text{m}$
면적 비율(%)	19.7	19.8	20.0	20.0

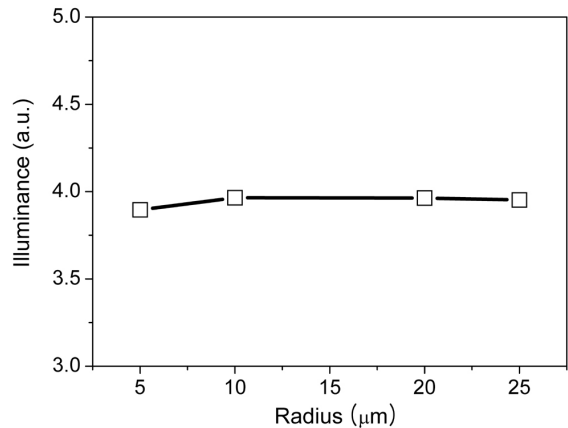


그림 8. 패턴 크기에 대한 출력.

턴에 대하여는 패턴의 수를 줄이고 반경이 작은 패턴에 대하여는 패턴 수를 증가시켰다. 실제 전산 시뮬에서 사용된 패턴 반경에 따른 패턴 면적 점유율은 표 1과 같다.

그림 8에서 보는 바와 같이 면적 점유율이 일정할 경우 출력은 패턴의 반경에 상관없이 거의 같은 값을 갖는 것을 알 수 있다. 최대값과 최소값의 상대오차는 1.8%에 불과하였다. 출력 표준 편차 역시 최대값과 최소값의 상대 오차가 4.8% 정도에 머물렀다. 이로써 출력과 출력의 균일도를 가능할 수 있는 표준 편차 역시 패턴의 크기에는 큰 영향을 받지 않는 것을 알 수 있다.

주목할 점은 휘도 및 균일도 모두 패턴의 크기에는 거의 영향을 받지 않고 오직 패턴의 면적 점유율에만 크게 영향을 받고 있다는 점이다. 휘도와 균일도 모두 면적 점유율에 의

해 지배를 받는다는 사실은 패턴 크기를 선정할 때에 패턴과 빈 공간 사이의 기하학적 구조를 고려하여 면적 점유율을 극대화하는 방향으로 선택해야 함을 의미한다. 한편으로, 점유율이 커짐에 따라 휘도가 포화되는 경향이 있다는 점을 고려하면 패턴 가공의 기술적 난이도, 비용 등을 감안하여 적정 비율을 유지하도록 패턴 크기를 제어하는 것이 패턴 최적화의 중요한 변수인 것으로 판단된다.

### III. 결과 및 논의

본 연구에서 패턴의 반경과 패턴의 점유 면적 비율에 따른 출력의 세기 변화를 조사하였다. 패턴의 반경은 출력에 거의 영향을 주지 않는 반면 패턴의 점유 면적 비율은 출력에 큰 영향을 주는 것으로 조사되었다. 패턴의 점유율을 일정하게 유지한 경우, 패턴의 반경  $r=5\ \mu\text{m}$ ,  $10\ \mu\text{m}$ ,  $20\ \mu\text{m}$ , 그리고  $25\ \mu\text{m}$ 에 대하여 출력 평균값의 상대 오차는 1.8% 출력의 표준 편차의 상대 오차는 4.8%로 큰 차이를 보이지 않았다.

반면 패턴의 반경  $r=5\ \mu\text{m}$ ,  $10\ \mu\text{m}$ ,  $20\ \mu\text{m}$ , 그리고  $25\ \mu\text{m}$ 에 대하여 패턴들 사이의 간격을 증가시켜 패턴의 점유 면적을 변화 시킨 경우, 출력 및 출력 표준 편차는 큰 변화를 보였다. 패턴의 면적 비율이 증가함에 따라 출력이 급격하게 증가하다가 점차 포화 상태에 도달하였다. 또한 출력 균일도, 즉 출력 표준 편차 역시 패턴 점유율의 변화에 큰 변화를 보였다. 하지만 패턴의 점유율의 증가함에 따라 출력이 빠르게 증가한 반면 출력 표준 편차는 빠르게 감소하였다.

따라서 LGP에 의한 출력을 높이고 출력 균일도 향상시키기 위하여 패턴 점유율을 높이는 것이 필요하다. 패턴 점유율을 높이기 위하여 패턴 크기를 줄이는 것이 필요하다. 즉, 큰 패턴을 사용하는 경우 패턴 사이의 빈공간의 넓어서 패턴

점유율을 증가시키는데 한계가 있다. 반면 패턴 크기를 줄이면 패턴들 사이 빈 공간을 최소화 할 수 있기 때문에 패턴 점유율을 높일 수 있다. 하지만 패턴이 너무 작으면 가공하는데 어려움이 있고, 작은 패턴 사이 공간이 너무 좁으면 가공상의 어려움은 배가 된다. 그러므로 패턴의 크기를 줄이고 패턴 사이의 공간을 줄일 수 있는 초정밀 가공에 관한 연구 및 기술 개발이 요구된다.

### 참고문헌

- [1] Taehun Kim, Sohee Park, Hungkuk Oh, and Yongjin Shin, "Analysis of the laser patterning inside light guide panel," *Optics & Laser Technology*, vol. 39, no. 7, pp. 1437-1442, 2007.
- [2] 김종선, 고영배, 황철진, "연속마이크로렌즈를 이용한 네비게이터용 7인치 LCD-BLU용 금형개발," 대한기계학회 2006년도 춘계학술대회 강연 및 논문 초록집, pp. 603-606, 2006.
- [3] Won Yong Lee, Tong Kun Lim, Yun Woo Lee, and In Won Lee, "Fast ray-tracing methods for LCD backlight simulation using the characteristics of the pattern," *Optical Engineering*, vol. 44, no. 1, 014004, 2005.
- [4] Gyung-Dong Kim, Hyuk Jin Kang, Sung-Hoon Ahn, Chul Ki Song, Chang Il Back, and Caroline S Lee, "Laser-marking process for liquid-crystal display light guide panel", *Proc. IMechE*, vol. 219, Part B, pp. 565-569, 2005.
- [5] 최가을, 이준성, 송석호, 오차환, 김필수, "실리콘 결정면을 이용한 LCD-BLU용 도광판의 미세산란 구조 형성", *한국광학회지*, 제16권 2호, pp. 113-120, 2005.

## LGP Output Characteristics Depending in BLU Pattern Size

Young Chul Kim<sup>†</sup>

*Dept. of Physics and Advanced Materials Science, Sun Moon University, ChungNam 336-708, Korea*

<sup>†</sup>*E-mail: yckim@sunmoon.ac.kr*

(Received October 19, 2007, Revised manuscript December 28, 2007)

Nowadays, the pattern size of BLU (Back Light Unit) adopted in TFT-LCD (Thin Film Transistor Liquid Crystal Display) is typically a few tens of micrometers. However, recently, researches on the TFT-LCD output characteristics depending on various types of BLU patterns are being performed in order to improve the output and uniformity. In this study, we analyzed the influence of pattern size, distribution, and areal ratio on the output characteristics.