

# 실험계획법과 웹기반 시스템에 의한 도광판의 레이저 마킹

강혁진\*, 김형중\*, 추원식\*, 안성훈#

## Laser Marking for Light Guide Panel using Design of Experiment and Web-based Prototyping System

Hyuk-Jin Kang\*, Hyung-Jung Kim\*, Won-Sik Chu\* and Sung-Hoon Ahn#

### ABSTRACT

A light guide panel (LGP) is an element of the LCD back light unit, which is used for display devices. In this study, the laser marking process is applied to the fabrication of light guide panels as the new fabrication process. In order to obtain a light guide panel which has high luminance and uniformity, four principal parameters such as power, scanning speed, ratio of line gap, and number of line were selected. A Web-based design tool was developed to generate patterns of light guide panel at any location, and the tool may assist the designer to develop optimized patterns. Topcon-BM7 was used for luminance measurement of each specimen with 100mm×100mm area. By Taguchi method optimized levels of each parameters were found, and luminance of 3523cd/cm<sup>2</sup> and uniformity of 92% were achieved using the laser machined BLU.

**Key Words** : Back light unit (백라이트 유닛), Light guide panel (도광판), CO<sub>2</sub> laser marking (CO<sub>2</sub> 레이저 마킹), Design of experiment (실험계획법), Web-based system (웹기반 시스템)

### 1. 서론

최근 디스플레이 시장의 급격한 성장으로 유기 EL, PDP, TFT-LCD 등과 같은 차세대 디스플레이에 관한 연구 개발과 함께 부품의 성능 향상 및 제조 공정의 개선을 위한 개발이 활발히 진행되고 있다. 이 중 TFT-LCD 는 자가 발생하는 광원이 없기 때문에 반드시 광원을 필요로 하는데, BLU (Back Light Unit)가 TFT-LCD Panel 의 배면 광원의 역할을 한다.<sup>1</sup>

BLU (Back Light Unit)는 단순한 조명장치가 아닌 여러 분야의 첨단기술이 조합된 부품이다. 고 휘도와 균일도 향상, 그리고 낮은 전류소비량은 BLU 의 성능을 결정짓는 요소이므로 도광판 패턴 설계 기술개발은 BLU 의 핵심기술이라고 할 수 있다. BLU 의 주요 부품이라 할 수 있는 도광판 (Light guide panel)은 광 반사 패턴의 형성으로 램프의 선 광원을 면 광원의 형태로 확산시키는 역할을 하며 재질로는 PMMA (polymethyl-methacrylate)가 주로 사용되고 있다. 현재 도광판

접수일: 2005년 7월 7일; 게재승인일: 2006년 2월 16일

\* 서울대학교 기계항공공학부

# 교신저자: 서울대학교 기계항공공학부

E-mail ahnsh@snu.ac.kr Tel. (02) 880-7110

의 광학적 패턴 형성을 위하여 적용되고 있는 제조 공법으로는 스크린 인쇄 방식, 사출 방식, 스탬핑 방식과 V 커팅 방식 등이 있다.<sup>2,3</sup>

기존의 이러한 제조 방식들은 각 제품의 성능, 재현성, 제조단가, 생산성과 관련하여 나름대로의 장단점을 지니고 있으며 일반적으로 전·후처리 공정이 필요하다. 이러한 종전의 도광판 제조기법에 반해 근래에는 모델 변경 시 패턴, 금형, 스탬퍼 등의 설계 및 개발에 소요되는 시간을 단축하기 위하여 레이저 가공법이 각광받고 있다.<sup>4</sup> 레이저 마킹을 이용해 제작된 도광판은 무인쇄 방식이므로 인쇄 패턴 자체에 의한 광흡수가 없어 인쇄 방식에 비해 휘도가 높다.<sup>2</sup> 또한 기계식 V 커팅기에 비해 가공면이 경면에 가까워 반사효과가 크고 인쇄 패턴의 산란방식에 비해 휘도가 높으며 공정이 매우 간단하다.<sup>2,3</sup>

본 연구에서는 CO<sub>2</sub> 레이저를 이용한 도광판 제조시스템의 장점인 짧은 제조시간과 높은 휘도를 극대화하는 것을 목표로 하였다. 따라서 패턴 설계를 위한 접근성을 극대화하고, 설계자가 위치에 구애받지 않고 설계를 수행할 수 있도록 하기 위해 웹을 통한 빠른 설계로 시작품 제작이 신속하게 이루어지는 시스템을 구축하였다. 또한 도광판 패턴 설계 기법을 개발하는데 필요한 시간과 비용을 절감하기 위해 실험계획법을 도입하였으며, 높은 휘도와 균일도를 갖는 도광판 패턴을 가공하기 위한 주요 변수를 선정하고 그 수준을 결정하는 연구를 수행하였다.

## 2. 웹기반 도광판 패턴 설계 시스템

빛은 광원으로부터 멀어지면 투명한 PMMA 재질이라 할지라도 그 내부에서 투과되는 빛의 양은 대기 중에서보다 더 빨리 감소한다. 따라서 도광판의 한 쪽 광원으로부터 거리가 최대로 멀어지는 중앙부까지 균일하게 빛을 전면부로 반사시키기 위해 도광판의 배면에 특정한 패턴을 형성시켜 반사체의 역할을 하게 한다. 이러한 반사체의 형성법으로 특수잉크로 인쇄하는 방법이나 금형을 부식(etching) 또는 형상을 가공하여 사출성형하는 방법, 그리고 V 자형 커터를 이용하여 기계식 가공하는 방법 등이 있다. 본 연구에서는 레이저를 이용하여 v-groove 를 반사체로 형성하였다.

도광판 전체에 걸쳐 전면부를 향해 동일한 광

량으로 빛을 반사시키기 위해 광량이 상대적으로 많은 광원 쪽에 가까운 곳은 빛을 반사시키는 반사체를 적게 형성시켜 소량의 빛만 도광판 밖으로 반사를 시켜야 한다. 반면 광원에서 멀어져 광량이 적은 부분은 반사체를 많이 형성시켜 도광판 전면부로 방출하는 광량을 증가시켜 도광판 전체에서 방출되는 광량의 균형을 맞추게 된다.<sup>5</sup> 이러한 반사체의 역할을 하는 것이 v-groove 인데, 이 패턴의 간격과 형상을 조절하는 것은 도광판에서 전면부로 방출되는 빛의 균일도를 높이는 데 가장 중요한 요소로 작용한다. 이러한 패턴을 보다 빠르고 용이하게 설계할 수 있는 도구를 설계자에게 제공하기 위해 본 연구에서는 패턴설계 도구를 웹을 기반으로 구축하였다.

웹기반 도광판 설계를 위해 설계자는 웹페이지 (<http://fab.snu.ac.kr/webtools>) 에서 제공되는 도광판 패턴 디자인 도구로 패턴간 간격과 개수를 변경할 수 있다. Fig. 1 과 같이 구축된 디자인 도구는 CAD 등의 설계 프로그램을 사용하지 않고 웹페이지 상에서 수 분 이내에 패턴을 생성할 수 있다.

이 설계도구는 파라메트릭 커브의 컨트롤 포인트를 사용하여 광원으로부터의 거리에 따라 패턴간 간격을 손쉽게 변경하여 설계할 수 있다. 즉 광원으로부터 멀어지게 되면 빛의 양은 감소하게 되므로 패턴을 조밀하게 하여 전면부로 반사되는 빛의 양을 증가시키는 원리를 이용한다. 따라서 광원으로부터 가까운 곳의 패턴간격 ( $l_1$ )과 먼 곳의 패턴간격 ( $l_2$ )을 조절하여 도광판 전체에 대한 패턴을 제어할 수 있다.

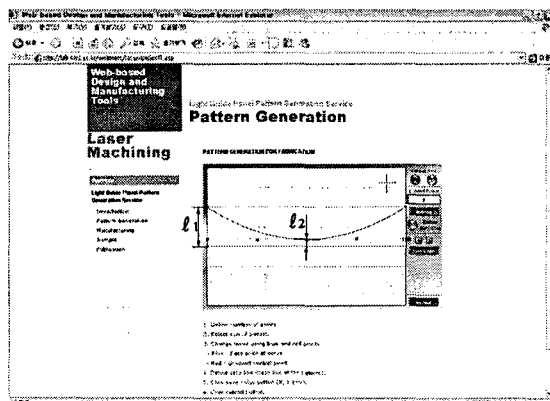


Fig. 1 Web-based pattern design tool for light guide panel

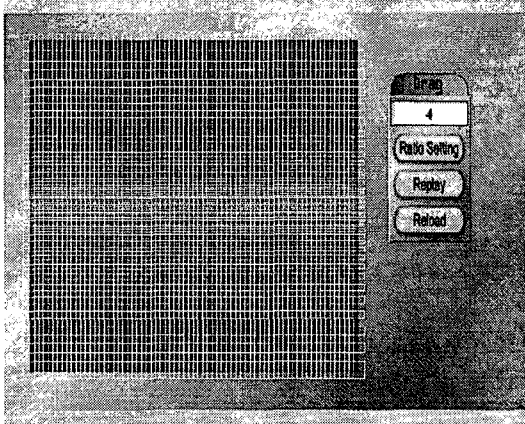


Fig. 2 Generated tool path of laser machining for light guide panel pattern

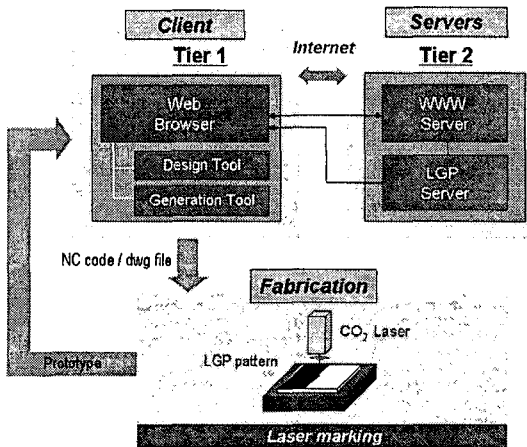


Fig. 3 Communication structure of web-based LGP design and fabrication system

설계된 패턴은 레이저 가공을 위한 NC 코드로 변환하여 설계자에게 웹을 통해 전송된다. 패턴의 형상과 가공경로는 Fig. 2 와 같이 웹으로 출력되어 확인이 용이하다. 본 연구에서는 출력이 0~50W 이고 파장 (wavelength) 이 10.6 μm인 TEM<sub>00</sub> 모드의 CO<sub>2</sub> 레이저 (M-330)를 사용하였다. 본 연구에서 사용한 레이저 마킹 장비는 dwg 형식의 파일을 인식하므로 NC 코드를 dwg 형식의 파일로 변환하는 모듈을 추가로 구성하였다. Fig. 3 은 인터넷을 통한 도광판 패턴의 설계 및 시작품의 제조를 위한 통신체계를 나타낸다. 설계자는 웹기반 설계툴로 도광판의 패턴을 설계하고 서버는 이 정보를 바탕으로 패턴 가공경로를 생성하여 설계자에게 인터넷

을 통해 전송한다. 설계자는 패턴 가공경로를 Fig. 2 와 같은 웹페이지의 인터페이스를 통해 확인한 후, NC 코드로 전송받아 이를 가공을 위한 레이저 마킹 시스템으로 전송한다. 이러한 과정이 웹을 통해 신속히 이루어져 설계자는 보다 빠른 시간 내에 제품의 시작품을 제작할 수 있다.

### 3. 실험

#### 3.1 실험계획법

도광판 미세패턴 제작에 사용되는 레이저의 잡음에 강건하고 원하는 높은 휘도와 균일도를 위한 인자의 수준을 찾기 위해 다구찌 실험계획법을 이용하였다. 레이저에 의해 가공되는 패턴의 품질은 다양한 인자들에 의해 결정된다. 이러한 여러 인자들의 영향을 정량적으로 비교하기 위해 각각의 인자와 그 수준을 조합하여 실험할 경우, 실험 횟수는 기하급수적으로 증가하게 된다. 따라서 실험횟수를 최소화하면서 예측하지 못한 외부교란 인자가 작용해도 패턴의 특성값을 최대화할 수 있는 가공조건을 찾는 것은 중요한 실험과정이다.<sup>6</sup>

다구찌 방법의 강건설계는 잡음인자의 영향을 최소화하고 품질을 강건하게 유지시키기 위해 SN 비 (signal to noise ratio)를 사용한다. SN 비는 신호 대 잡음의 비율로 입력신호의 크기와 잡음이 주는 영향의 크기의 비율로 나타난다. 따라서 각각의 조절인자의 SN 비를 크게 만드는 값을 그 인자의 값으로 결정하면 그 값은 잡음에 대해 강건한 성질을 갖게 된다. SN 비는 목적함수, 즉 특징치에 의해 그 정의가 달라지는데, 본 연구의 목표특성인 휘도와 균일도는 높을수록 좋으므로 망대특성을 갖는다. 망대특성의 경우  $L(y)=kE(I/y^2)$ 로 표현되는 기대손실을 작게 해주기 위한  $E(I/y^2)$ 의 추정값인 평균표준편차 (mean squared deviation)를 식 (1)과 같이 나타낸다.<sup>7</sup>

$$MSD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \quad (1)$$

식 (1)의 추정값을 이용하여 SN 비를 식 (2)와 같이 나타낸다.<sup>6,7</sup>

$$SN = -10 \log \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \quad (2)$$

여기서  $n$  은 측정값의 수를,  $y_i$  는 측정된 특성값을 나타낸다. 망대특성의 경우 기대값  $E(1/y^2)$  의 최소화는 SN 비의 최대화와 관계가 있다. 따라서 SN 비 값이 클수록 휘도와 균일도는 향상된다고 할 수 있다.

### 3.2 선행실험

폴리머 재질의 레이저 어블레이션 (ablation)은 레이저 출력과 파장, 스캐닝 속도, 그리고 재료의 광흡수율 등의 영향을 복합적으로 받는다.<sup>8</sup> 레이저 가공 시 고려되는 변수는 레이저 빔의 출력과 스캐닝 속도, 레이저 빔 직경, 초점거리 등이 있을 수 있는데, 이 중 피가공물에 가장 큰 영향을 주는 인자는 레이저 빔의 출력과 스캐닝 속도이다.<sup>8-10</sup> 이러한 이유로 선행실험에서는 레이저 빔의 출력과 스캐닝 속도를 가공변수로 선정하였다. 이 때 사용되는 레이저의 초점 거리는 시스템을 구성하는 과정에서 고정하였기 때문에 빔의 직경이나 초점 문제는 고려하지 않았다. 따라서 PMMA 에 V 자 홈을 가공하여 적합한 조건을 찾아내기 위해 출력과 스캐닝 속도를 변경하며 선행실험을 수행하였다. Fig. 4 은 선행실험 조건에 따라 PMMA 위에 가공한 V 자 홈의 단면을 측정된 결과를 나타낸다. 출력이 일정한 경우 스캐닝 속도가 빠를수록 v-groove 의 깊이 (depth)는 감소하나 너비 (width)는 거의 일정한 것으로 나타났다. 또한 스캐닝 속도를 일정하게 유지시키고 출력을 증가시킬 경우 역시 너비는 일정하나 깊이가 증가하는 것으로 나타났다.

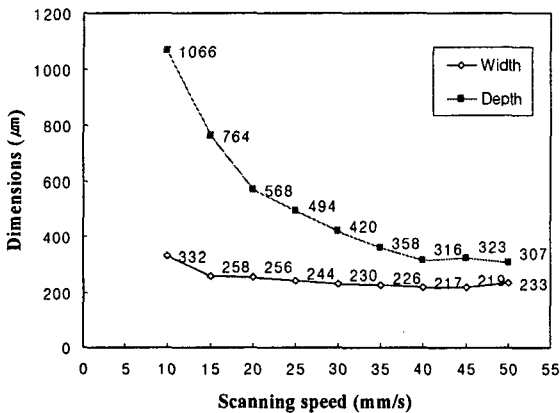


Fig. 4 Cross sectional dimensions of V-grooves as a function of scanning speed (power: 50W)

레이저 출력이 낮은 경우, 스캐닝 속도의 변화에 따른 깊이의 감소가 커져 V 자 홈의 각도가 증가하여 빛의 반사에 불리해지므로 출력은 30W 부터 50W 까지를 인자 수준의 범위로 선정하였다. 또한 스캐닝 속도가 낮아질수록 역시 깊이가 급격히 증가하므로 인자수준을 30mm/s 에서 50mm/s 까지 10mm/s 씩 증가시키며 선정하였다.

### 3.3 인자선정

선행실험을 통해 레이저 출력과 스캐닝 속도를 변수로 지정하여 패턴을 시험 제작하였다. 그 결과를 바탕으로 Table 1 과 같이 패턴 제작 시 영향을 미칠 수 있는 인자 및 수준을 선정하였다. 선정된 영향요소는 출력 (power)과 스캐닝 속도 (scanning speed), 광원에서 가까운 곳과 중앙부의 패턴간 간격비율 ( $l_1 : l_2$ ), 그리고 총 패턴 라인의 수 (number of lines)로 선정하였다. 레이저 빔의 직경 (beam diameter) 및 주변 온도, 습도 등은 상온의 실내에서 작업한다는 가정하에, 가공재인 PMMA 의 밀도 등 재료의 종류에 따른 영향인자는 동일한 재료를 사용한다는 가정하에 제어 불가능한 인자로 간주하였다.

선행실험을 통해 얻은 실험결과에 따르면, 가공할 수 있는 v-groove 의 최소너비 (width)는 약 210 μm로 이는 CO<sub>2</sub> 레이저 파장 (wavelength)에 따른 빔직경 (spot size) 의 한계에 기인한다. 따라서 각 v-groove 가 100mm×100mm 의 시편에 겹치지 않고 최대로 가공될 수 있는 범위에서 패턴 라인의 간격과 라인의 수준의 최대값을 선정하였다.

Factor	Level	1	2	3
Power (W)		30	40	50
Scanning speed (mm/s)		30	40	50
Ratio of line gap ( $l_1 : l_2$ )		100:30	100:40	100:50
Number of lines		80	85	90

### 3.4 실험방법

실험계획법에서 직교배열표를 사용하는 이유는 재현성과 최적조건 선정시 안정성을 보장

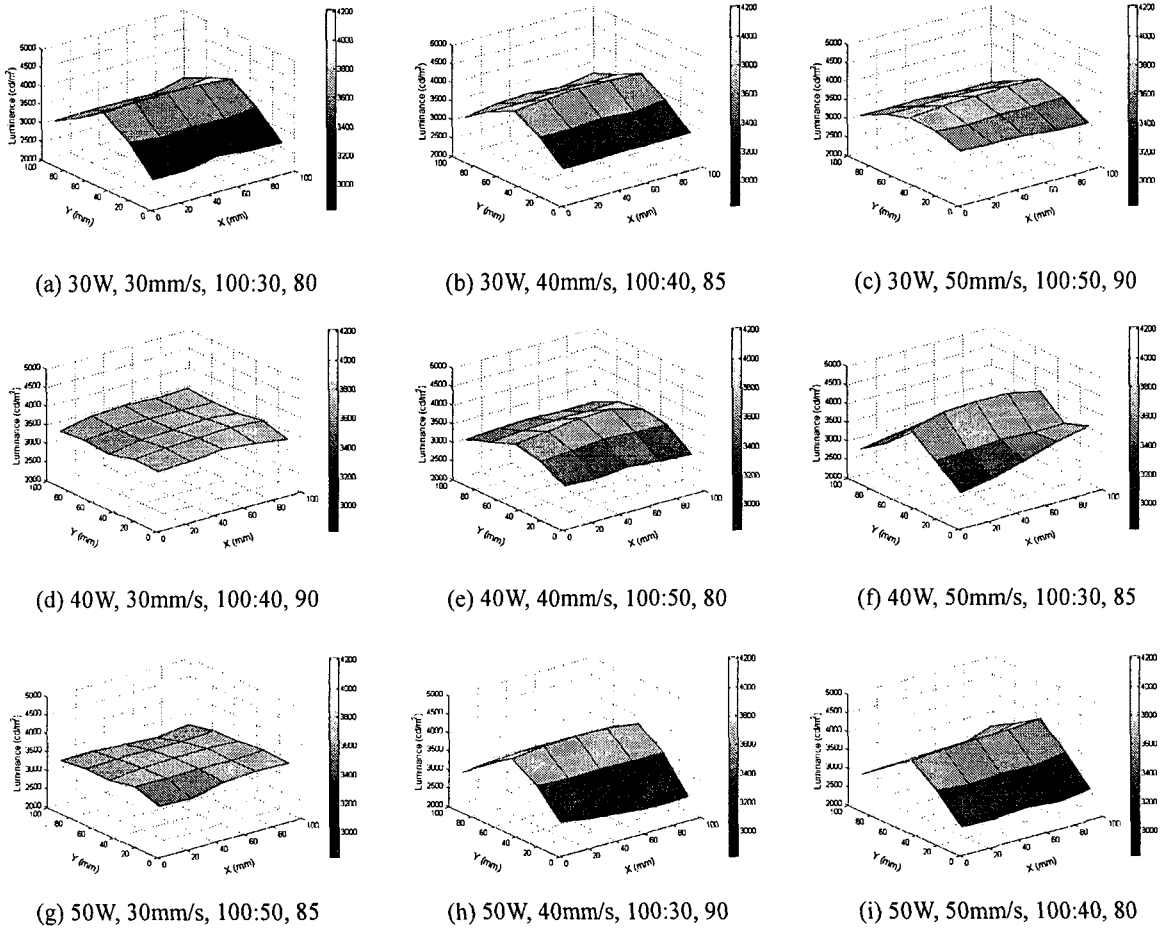


Fig. 5 Three-dimensional luminance distribution of laser machined light guide panels  
(sub captions represent: laser power, scanning speed, ratio of pattern gap, and number of line respectively)

하고 실험의 크기를 최소화하며 실험에 많은 영향인자와 그 수준을 포함시킬 수 있다는 장점이 있다. 따라서 Table 2 에 따라 직교배열표를 작성하여 4 인자 3 수준계의 직교배열표 ( $L_93^4$ )를 선정하고 9 번의 실험으로 각 인자의 수준변화에 따른 가공을 수행하였다. 선정된 각각의 영향인자는 Table 3 에 나타난 바와 같이 레이저 출력 (A), 스캐닝 속도 (B), 광원에서 가까운 곳과 중앙부의 패턴 간 간격비율 (C), 패턴 라인수 (D)이고 각각의 수준은 1,2,3 으로 표시하고 Table 2 에 나타난 수치로 결정된다. Table 3 과 같이 네가지 인자의 수준별로 배치된 도광판 패턴 설계 및 가공조건을 바탕으로 100mm×100mm 의 면적을 갖는 8mm 두께의 평판

형 PMMA 위에 레이저로 가공하였다. 가공한 각 도광판의 휘도 (luminance) 측정을 위해 도광판의 아랫면과 좌우측면에 반사판 (reflector sheet)을 대고 남은 양쪽 두 면에 3.8W의 CCFL (Cold Cathode Fluorescent Lamp)를 부착하였다. 빛이 반사되어 나오는 전면부에는 확산시트 (diffuser sheet)를 부착하여 빛을 전체적으로 확산시켰다. 각 도광판 별로 25 개의 일정한 지점의 휘도를 측정하여 패턴에 따른 시편 별 휘도와 균일도의 값을 Fig. 5 와 Table 2 에 나타냈다. 각 시편의 휘도는 BM-7 (Topcon)을 이용하여 측정하였다.

### 3.5 실험결과 및 분석

Table 2 에 나타난 휘도와 균일도에 대한 측정데이터로부터 SN 비를 계산한 결과는 Table 3 에 나타난 바와 같다. SN 비를 이용하여 각 인자와 수준별 효과를 구한 결과는 Table 4 와 Table 5 에 나타난 바와 같다. 여기서 수준차 (deviation)는 인자의 수준별 효과의 최대값과 최소값의 차이를 뜻하며 기여율 (percentage contribution)은 전 수준차의 합에 대한 백분율로 나타낸다.<sup>6</sup> 따라서 휘도에 대한 기여율이 가장 높은 인자는 D 인 패턴라인의 개수이고 균일도에 대한 기여율이 가장 높은 인자는 C 인 패턴라인간 간격비율이다.

Table 2 의 측정결과와 같이 4 번 실험에 의해 가공된 도광판의 평균휘도는 3523 cd/m<sup>2</sup>, 균일도가 92% 로 실험시편 중 가장 향상된 결과를 나타낸다. 이는 비교대상으로 가공한 등간격 패턴의 도광판의 평균휘도가 3382 cd/m<sup>2</sup> 이고 균일도가 88% 인 것에 비해 각각 4% 및 8% 가량 향상된 결과를 보여준다. 이는 기존의 상용화된 5 인치 (108mm×83mm) 이하의 도광판의 휘도가 약 1500 ~ 3000 cd/m<sup>2</sup> 이고 균일도가 85% 수준인 것에 비해 크게 향상된 결과를 보여준다.

Table 4 와 Table 5 에서 각 인자별 수준의 효과를 비교하여 높은 휘도를 구현하기 위해 개선된 인자별 수준을 찾으면 A2, B1, C3, D2 가 된다. 또한 높은 균일도를 구현하기 위한 인자별 수준은 A2, B1, C3, D3 이다. 즉 출력이 40W 이고 스캐닝 속도가 30mm/s, 패턴간격비율이 100:50, 총 패턴라인의 수가 85 개일 때 높은 평균휘도를, 그리고 출력이 40W 이고 스캐닝 속도가 30mm/s, 패턴간격비율이 100:50, 총 패턴라인의 수가 90 개일 때 높은 균일도를 갖고 비제어인자의 영향에 대해 강건한 도광판을 제조할 수 있다. 높은 휘도와 균일도를 위해 선정된 레이저 출력과 스캐닝 속도, 그리고 패턴간격비율의 수준은 동일한 것으로 나타났다. 그러나 패턴라인 개수의 수준은 각각 85 개와 90 개로 서로 다른 것으로 나타났는데, 이는 일정한 광량을 패턴 개수의 조절을 통해 분배하는 방식에 기인하는 것으로 판단된다. 즉 패턴의 개수가 많아지면 광원을 많이 나누어 도광판 전체에 걸쳐 광원을 전달하므로 균일도는 향상되나, 반면 일정한 양의 광원을 많이 나누게 되므로 평균휘도는 감소하는 것으로 판단된다.

Table 4 와 Table 5 의 각 인자별 기여율을 바탕으로 볼 때, 평균휘도는 패턴라인수의 변화에 의해

Table 2 Orthogonal arrays and experimental results

Exp. No.	A	B	C	D	Average luminance (cd/m <sup>2</sup> )	Uniformity (%)	Time (sec)
1	1	1	1	1	3339	68.4	56
2	1	2	2	2	3415	72.5	59
3	1	3	3	3	3425	80.4	71
4	2	1	2	3	3523	92.0	49
5	2	2	3	1	3353	77.9	52
6	2	3	1	2	3442	66.6	63
7	3	1	3	2	3452	85.2	62
8	3	2	1	3	3326	62.2	47
9	3	3	2	1	3280	65.4	55

Table 3 SN ratio of luminance and uniformity

Exp. No.	SN ratio of luminance	SN ratio of uniformity
1	70.41	36.53
2	70.62	37.07
3	70.67	38.16
4	70.93	39.21
5	70.48	37.69
6	70.65	36.57
7	70.75	38.45
8	70.34	36.01
9	70.23	36.40

Table 4 Respond table for SN ratio of the luminance

Factor	Effect			Deviation	PC (%)
	1	2	3		
A	70.57	70.68	70.44	0.24	26.4
B	70.69	70.48	70.51	0.21	23.1
C	70.47	70.59	70.63	0.16	17.6
D	70.37	70.67	70.64	0.30	33.0

\* PC: percentage contribution

Table 5 Respond table for SN ratio of the uniformity

Factor	Effect			Deviation	PC (%)
	1	2	3		
A	37.25	37.82	36.95	0.87	18.7
B	38.06	36.92	37.04	1.14	24.5
C	36.37	37.56	38.10	1.73	37.1
D	36.87	37.36	37.79	0.92	19.7

\* PC: percentage contribution

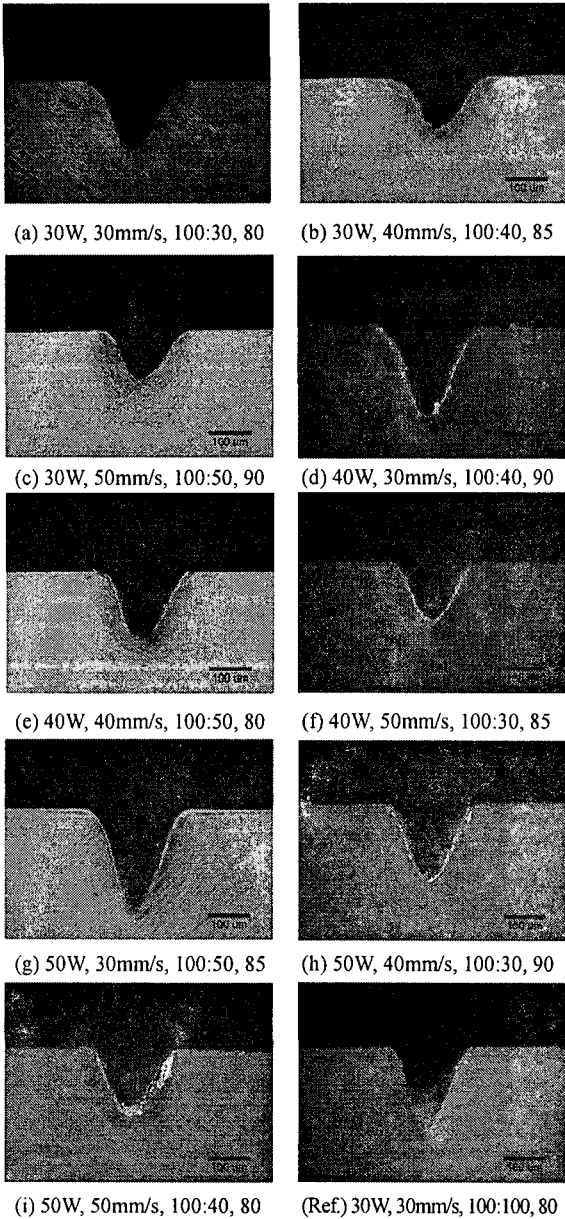


Fig. 6 Cross sections of laser machined light guide panel

가장 많이 좌우되며, 균일도에 대해 가장 큰 영향을 미치는 제어인자는 패턴라인 간격의 비율인 것으로 나타났다. 또한 패턴라인 간격의 비율 100:30 일 경우, 100:50 일 경우에 비해 광원을 중앙부까지 더 잘 전달하여 균일도가 향상될 것으로 예상하였으나, 선정된 개선조건에 따르면 오히려 간격비율이 100:50 인 경우의 균일도가 더 높은 것으로 나

타났다. 이는 라인간격이 100:30 일 때 도광판 중앙부에 패턴라인이 과도하게 밀집되어, 오히려 중앙부에 광원이 집중되고 균일도가 감소하는 현상이 나타난 것으로 분석할 수 있다. 이처럼 개선된 가공조건에 따른 평균휘도의 모평균 SN 비를 추정하는 것은 다음 식 (3)에 따른다.

$$\bar{\mu} = \bar{A}_2 + \bar{B}_1 + \bar{C}_3 + \bar{D}_2 - 3\bar{T} \quad (3)$$

여기서  $\bar{T}$  는 각 인자의 수준에 대한 SN 비의 평균으로 70.56 이다. 따라서 새로운 개선조건에 의한 모평균의 SN 비는 70.99 이고, 현재조건인 A1, B1, C1, D1 의 모평균 SN 비가 70.42 이므로 개선효과는 0.57 이다.

균일도의 경우에도 같은 방법으로 추정할 수 있는데, SN 비의 평균인  $\bar{T}$  가 37.33 이고 개선 전 모평균의 SN 비가 36.56 인데 반해 개선된 조건인 A2, B1, C3, D3 의 SN 비가 39.79 이므로 SN 비가 3.23 만큼 개선될 것을 예측할 수 있다.

Fig. 6 는 직교배열표에 의해 레이저 가공된 도광판 패턴의 단면사진을 보여준다. 이처럼 CO<sub>2</sub> 레이저 가공 시 레이저 출력과 스캐닝 속도의 조절을 통해 v-groove 의 형상을 제어하여 도광판의 광학적 특성을 제어할 수 있다. 실험결과 레이저 출력이 40W 이고 스캐닝 속도가 30 mm/s 일 때, 가장 좋은 광학적 특성을 보여준 형상을 가진 v-groove 가 형성되었다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 레이저를 이용한 도광판 제조 시 설계부터 가공에 이르는 과정의 영향인자를 파악하고 개선된 수준값을 얻기 위해 실험계획법을 이용하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1) 높은 휘도와 균일도를 지니는 도광판을 제조하기 위해 레이저를 이용하여 패턴을 가공하였다. 이 때 최종 특성치인 휘도와 균일도에 주요한 영향을 미치는 인자로 출력과 스캐닝 속도, 패턴 간격의 비율, 그리고 총 패턴 라인 수로 선정하고 그 수준을 결정하였다.

2) 선정된 제어인자들의 변동에 따른 휘도와 균일도의 변화양상을 실험계획법을 이용하여 각 인자들이 목적함수에 대해 갖는 영향력을 분석하였다. 이를 통해 레이저 가공으로 제조된 도광판

의 휘도와 균일도를 향상시킬 수 있는 조건을 선정하였다.

3) 웹기반으로 구축된 패턴 설계도구를 통해 손쉽게 빠르게 패턴을 디자인하여 도광판 패턴 설계에 필요한 시간을 절감할 수 있다. 또한 빠른 시제품 제작이 가능하여 설계에서 평가단계까지 필요한 시간과 공정을 단축할 수 있다.

4) 본 연구에서는 두가지 목적함수인 휘도와 균일도를 향상시킬 수 있는 가공조건을 각각 선정하였다. 추후 두 가지 목적함수를 통합하여 목적함수로 나타낼 수 있는 연구가 필요하다.

### 후 기

본 연구는 2005 년도 서울대학교 공학연구소의 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다. 또한 레이저 가공 장비를 지원한 마이크로 엔지니어링과 휘도 측정에 도움을 주신 (주)신홍전자 관계자 여러분께 감사드립니다.

### 참고문헌

- Kim, G. D., Kang, H. J., Ahn, S. H., Song, C. K., Baek, C. I. and Lee, C. S., "Laser-marking Process for Liquid Crystal Display Light Guide Panel," *Journal of Engineering Manufacture Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B*, Vol. 219, No. 7, pp. 565 - 569, 2005.
- Kim, G. D., Baek, C. I., Song, C. K. and Ahn, S. H., "Laser Marking Process for LCD Light Guide Panel," *Journal of the Korean Society of Precision Engineering*, Vol. 20, No. 1, pp. 79 - 84, 2003.
- Kim, C. Y., "Trend of Back Light Unit Technology," *Journal of the Korean Information Display Society*, Vol. 2, No. 1, pp. 45 - 51, 2001.
- Plinski, E. F., Wicowski, J. S. and Abramski, K. M., "Diffractive Scanning Mechanism for Laser Marker," *Optics and Laser Technology*, Vol. 32, pp. 33 - 37, 2000.
- Lin, C. S., Wu, W. Z., Lay, Y. L. and Chang, M. W., "A Digital Image-based Measurement System for a LCD Backlight Module," *Optics & Laser Technology*, Vol. 33, pp. 499 - 505, 2001.
- Baek, N. K. and Kim, D. E., "Optimization of Laser Lithography Micropatterning Technique based on Taguchi Method," *Journal of Korean Society of Precision Engineering*, Vol. 19, No. 7, pp. 59 - 64, 2002.
- Phillip, J. R., "Taguchi Techniques for Quality Engineering: Loss Function, Orthogonal Experiments, Parameter and Tolerance Design," McGraw-Hill, pp. 59 - 85, 1996.
- Liu, Z., Feng, Y. and Yi, X., "Coupling Effects of the Number of Pulses, Pulse Repetition Rate and Fluence during Laser PMMA Ablation," *Applied Surface Science*, Vol. 165, pp. 303 - 308, 2000.
- Wang, S. C., Lee, C. Y. and Chen, H. P., "Thermoplastic Microchannel Fabrication Using Carbon Dioxide Laser Ablation," *Journal of the Chromatography A*, 2005. (Article in press)
- Zhou, B. H. and Mahdavian, S. M., "Experimental and Theoretical Analyses of Cutting Nonmetallic Materials by Low Power CO<sub>2</sub>-laser," *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 146, pp. 188 - 192, 2004.