

## LCD 백라이트 도광판 제조용 레이저 마킹에 관한 연구

김경동\*, 백창일\*, 송철기\*\*, 안성훈\*\*

### Laser Marking Process for LCD Light Guide Panel

Gyung Dong Kim\*, Chang Il Beak\*, Chul Ki Song\*\* and Sung Hoon Ahn\*\*

#### ABSTRACT

A light guide panel is an element of the LCD backlight module that is often used for the display of compact electronic devices. In this study, a laser marking system is proposed to fabricate light guide panel, which can replace other manufacturing methods such as silk printing, stamping, or v-cutting methods. The objective of this research is to evaluate the process parameters of the laser marking system. Light guide patterns were marked with a 50W CO<sub>2</sub> laser (CW) to understand the effects of average power and scanning speed on the geometry and quality of groove pattern. The width of the fabricated grooves increases with increasing laser power and decreasing scan speed. In order to analyze surface characteristics and optical properties (luminance, uniformity), SEM photography and BM7 (luminance measuring system) were used. As a result, the optimal conditions of the process parameters were determined.

**Key Words** : Back Light Unit (BLU), Light guide panel (도광판), CO<sub>2</sub> Laser (CO<sub>2</sub> 레이저), Polymethyl methacrylate (PMMA), Luminance (휘도)

#### 1. 서론

국내 디스플레이 시장의 급격한 성장으로 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 에서는 자가 발생하는 광원이 없기 때문에 반드시 광원을 필요로 하고 Back Light Unit(BLU, Fig. 1 참조)는 TFT-LCD Panel 의 뒤쪽에서 배면 광원으로 사용되고 있다<sup>(1)</sup>. 최근, BLU 는 소재 및 제조 장비를 비롯한 전 공정의 국산화가 이루어졌으며 제조 공법의 첨단화로 고성능, 슬림형의 제품 개발을 시도하고 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 수지가 주로 사용되고 있다. 현재 도광판의 광학적 패턴 형성을 위하여 적용되고 있는 제조 공법으로는 스크린 인쇄 방식, 사출 방식, 스탬핑 방식과 V 커팅 방식 등이 있다. 기존의 이러한 제조 방식들은 각 제품의 성능, 재현성, 제작 가격, 생산성과 관련하여 나름대로의 장단점을 지니고 있으며 일반적으로 전, 후처리 공정이 필요하다.

근래에 모델 변경시 패턴, 금형, 스탬퍼 등의 설계 및 개발에 소요되는 기간을 단축하기 위하여

\* 2002년 7월 29일 접수  
\* 경상대학교 대학원 기계설계학과  
\*\* 경상대학교 기계항공공학부, ReCAPT

V 커팅기가 각광받고 있지만 가공 시간이 상대적으로 긴 단점이 있다.

본 연구에서는 빔 스캐닝 방식의 레이저 마킹 기술을 도광판 패턴 제작에 도입함으로써 고속, 고정도, 비접촉식 가공 방법을 시도하였다.

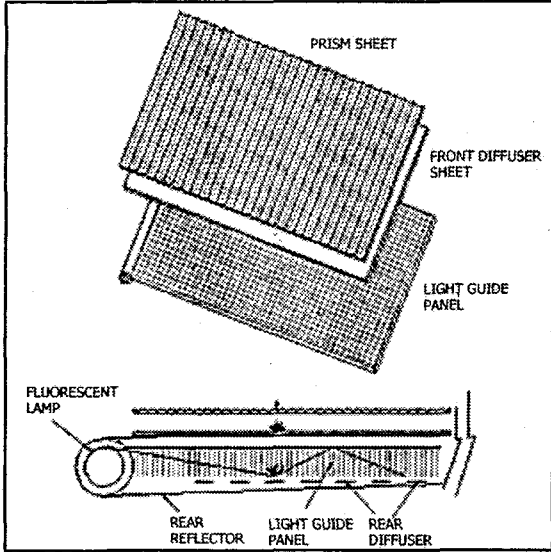


Fig. 1 Schematic diagram of a Back Light Unit

## 2. 실험

### 2.1 시스템 구성

폴리머 재질의 레이저 어블레이션(ablation)은 레이저 파장과 재료의 광흡수율의 영향을 받는다<sup>(2)</sup>.

본 연구에서는 투명 재질인 PMMA의 광 투과율을 고려하여 파장이 10.6 $\mu\text{m}$ 인 CO<sub>2</sub> 레이저를 선정하였다. 파장이 1.06 $\mu\text{m}$ 인 Nd:YAG 레이저 빔을 PMMA에 집속시켰을 경우 그대로 투과하는 현상을 관찰할 수 있었다. 실험에 사용된 레이저는 TEM<sub>00</sub> 모드, 발진 형식은 연속파(Continuous Wave)이며 최대 출력은 50W이다. Table 1은 실험에 사용된 레이저 발진 장치의 사양을 나타낸다.

Fig. 2는 사용된 실험 장치의 개략적인 그림이다. 레이저 빔 전송계는 2개의 갈바노미터 스캐너 및 스캐닝 미러, 집속렌즈 등으로 구성되어 있다. 빔 전송 방식에 의한 마킹은 공정의 고속화에 유리하고, 스테이지 방식은 안정성과 고정도화에 유

리하다<sup>(3)</sup>.

Table 1 Specification of the laser source

| Maker                        | Wondar Laser      |
|------------------------------|-------------------|
| Wavelength ( $\mu\text{m}$ ) | 10.6              |
| Output Power (W)             | 0~50              |
| Power Stability              | 5%                |
| Beam Size (mm)               | 0.34              |
| Operation Mode               | Continuous Wave   |
| Mode Quality                 | TEM <sub>00</sub> |
| Power Supply                 | AC200V+10%, 50Hz  |
| Power Consumption (kW)       | 2.2               |

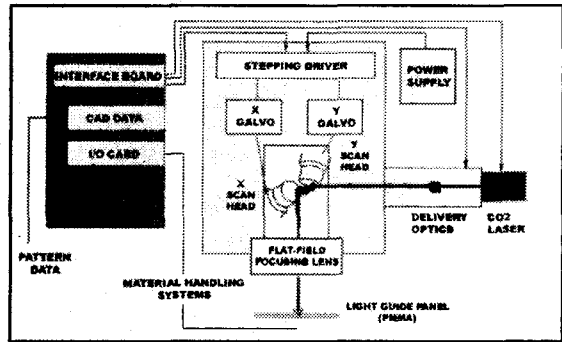


Fig. 2 Schematic diagram of the system configuration

일반적인 레이저 마킹 시스템은 바코드, 이미지, 문자 등의 표식을 목적으로 하므로 도광판의 패턴링에 적합하도록 시스템의 변수를 목표 사양에 맞게 재설계하였다.

시스템 변수의 재설계에 있어서 기본 방향은 다음과 같이 요약될 수 있다: 1) 원하는 분해능을 얻기 위해 피가공물의 가공면 상에서 입사광의 초점 크기를 보다 작게 한다. 2) 패턴 사이의 선 간격 조절이 유연해야 한다. 3) 형상이 균일하게 나오는 범위 내에서 가능한 스캐닝 속도를 빠르게 한다.

Fig. 3의 광학계 구성도에 나타낸 바와 같이, 시스템의 설계 변수는 다음과 같다: 1) 갈바노미터와 피가공 물체의 수직거리  $L_1$ , 2) 갈바노미터와 초점렌즈와의 거리  $L_2$ , 3) 초점렌즈의 유효 직경  $\phi_1$ .

초점렌즈의 유효 직경에 의해 결정되는 가공 영역은 최대 100×100mm 정도였으며, 예비 실험에서 얻어진 결과를 조합하여 초점 크기가 0.1 mm에 가까워지는 조건인  $L_1=245\text{mm}$ ,  $L_2=100\text{mm}$  를 초기 값으로 선정하였다.

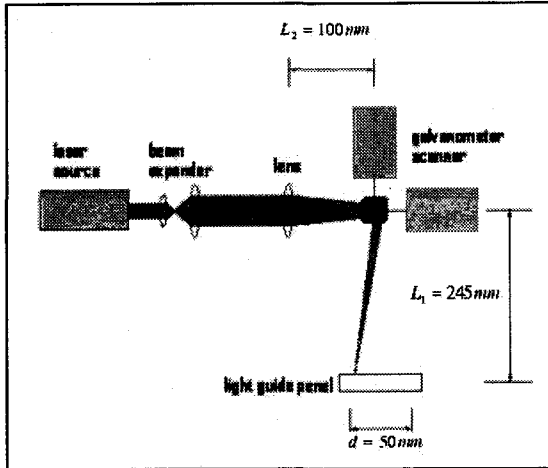


Fig. 3 Schematic diagram of an optical system with refined system parameter

## 2.2 가공 변수

보통의 레이저 가공시 우선 고려되는 변수는 레이저 빔의 출력과 스캐닝 속도, 레이저 빔 직경, 초점 거리 등을 생각할 수 있다. 이 중 피가공물에 가장 큰 영향을 주는 인자는 레이저 빔의 출력과 스캐닝 속도이다. 사용되는 레이저 빔의 직경은 그 특성상 발산각(Divergence angle)을 무시할 만큼 일정하게 유지되고 있으며, 초점 거리는 시스템을 구성하는 과정에서 고정하였기 때문에 빔의 직경이나 초점 문제는 고려하지 않았다.

기타 가공 변수로는 피가공재인 PMMA의 밀도, 가공시의 주변 온도, 습도 등이 있다. 압출 가공된 PMMA와 사출 가공된 PMMA 수지가 성형 과정을 거치면서 각기 다른 밀도를 가지게 되며 실험을 통해 레이저 가공성이 다소 다른 현상을 관찰하였다. 상온의 실내에서 작업한다는 가정하에 주변 온도 및 습도에 의한 영향은 고려하지 않았다.

## 2.3 실험 방법

레이저 가공 변수에 따른 도광판 패턴의 가공 특성 및 광 특성을 검토하기 위하여 임의의 패턴을 정하였다. 가공성을 고려하여 단위 패턴 면적은 50mm×50mm으로 제한하고 x축 테이블을 이동하여 300mm×50mm을 가공하였고 그루브(Groove) 간격은 1mm로 하였다. 이 실험에 사용된 피가공물은 사출 성형된 썸기형 도광판(Taper Type LGP)으로 주로 노트북 모니터용으로 사용된다.

레이저 출력에 따른 가공 특성을 규명하기 위해 출력을 5W에서 15W까지 2.5W씩 변화시키면서 실험하였다. 식각된 홈의 깊이, 넓이, 단면모양을 관찰하기 위하여 SEM(Scanning Electron Microscope)을 이용하였다.

또한 휘도 및 균일도를 측정을 위하여 Topcon사의 BM7을 이용하였다.

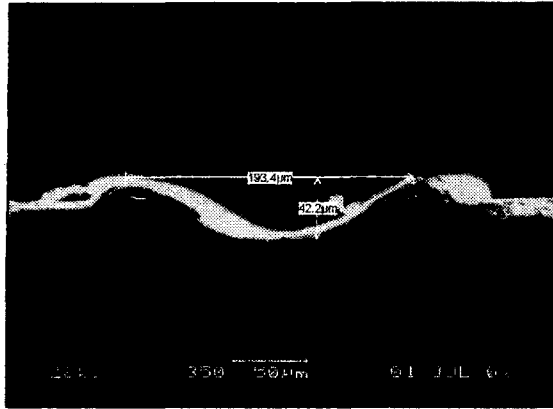
## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 레이저 출력에 따른 가공 특성

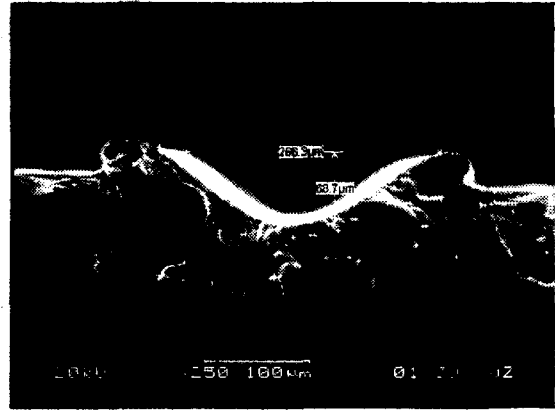
Fig. 4는 그루브 단면의 SEM 사진을 나타내고 각 부분그림(a~e)은 동일 스캐닝 속도를 유지해 레이저 출력을 5W부터 15W까지 변화시키며 나타낸 그림이다. 피가공물의 높은 밀도로 인하여 식각부 주위에 균열(Crater)이 발생하였으며 이는 도광판의 광 경로에 좋지 않은 영향을 미칠 것으로 판단된다.

Fig. 4(a)에서 보여 주는 바와 같이 저출력 영역에서는 가공 표면이 고르며 재료의 용융이 적게 일어나 균열이 미세하게 형성됨을 알 수 있다. 출력이 증가함에 따라 용융 면적이 넓어지면서 가공 형상이 불균일해지며 균열이 뚜렷하게 형성되었다. Fig. 4(e)에서 보는 바와 같이 15W 이상의 고출력 영역에서는 용융 현상이 상단부까지 도달하여 균열이 다시 변형하는 현상을 관찰할 수 있다.

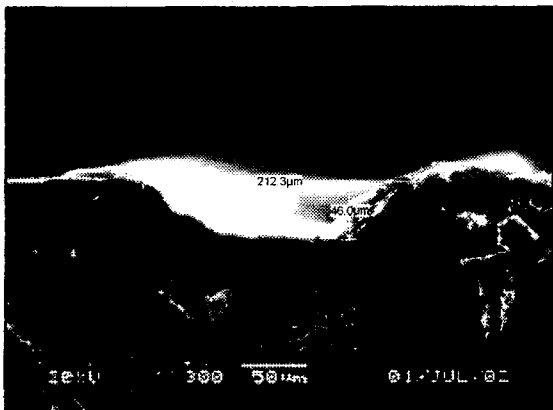
출력이 증가할수록 가공 폭과 깊이가 커지면서 용융으로 인하여 재료의 변형이 심하게 일어나며 형상이 불균일해짐을 알 수 있다. Fig. 5는 레이저 출력에 따른 그루브 폭과 깊이의 치수 변화를 나타낸다.



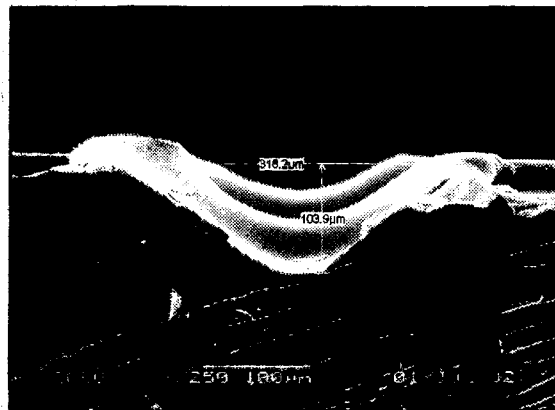
(a)



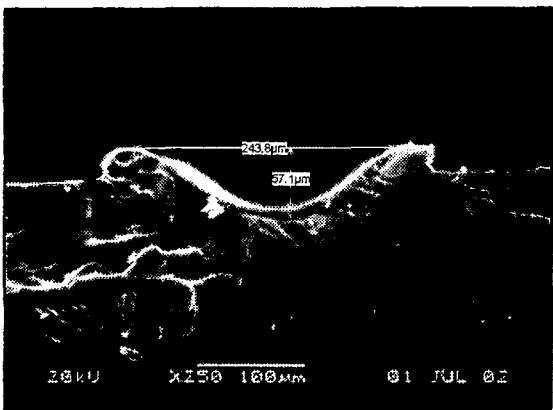
(d)



(b)



(e)



(c)

Fig. 4 Cross-sectional SEM images of PMMA (scanning speed : 0.4 m/sec) ablated by laser power of (a) 5W, (b) 7.5W, (c) 10W, (d) 12.5W, (e) 15W

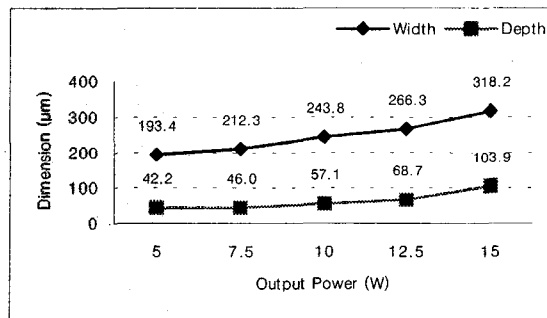


Fig. 5 Dimension of groove vs. output power (Scanning speed: 0.4 m/sec)

### 3.2 스캐닝 속도에 따른 가공 특성

레이저 빔의 출력이 20W 이상에서는 스캐닝 속도 변화에 매우 민감하게 가공되는 결과를 얻었으며 속도가 빨라질수록 일부 구간만 가공되는 특성을 보였다. 반면, 상대적으로 낮은 출력에서는 스캐닝 속도에 따른 가공 폭, 깊이의 변화가 거의 일어나지 않았다.

Fig. 6은 출력 20W 일 때 스캐닝 속도에 변화를 주어 관찰한 결과이다.

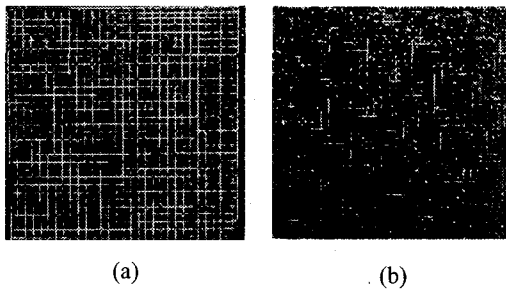


Fig. 6 Experimental results (a) for 20W, 0.4 m/sec (b) for 20W, 2m/sec

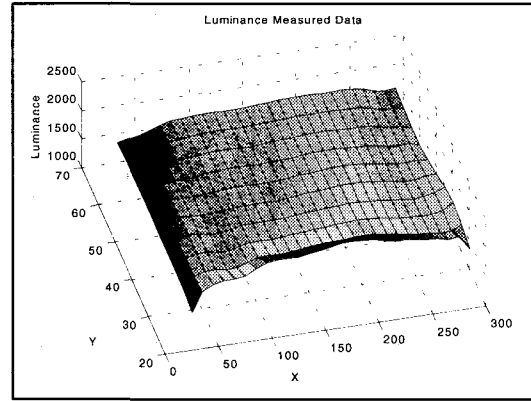
### 3.3 광학적 특성 측정

도광판은 균일한 광학밀도 및 분포(distribution)를 요구한다. 주요 광학 설계인자(parameter)로는 투과율, 굴절률, 광학밀도, 분포 등이 있다<sup>(4)</sup>. 본 연구에서는 그루브 패턴의 레이저 가공 조건에 따른 휘도 분포를 측정하여 광 특성을 비교하였다.

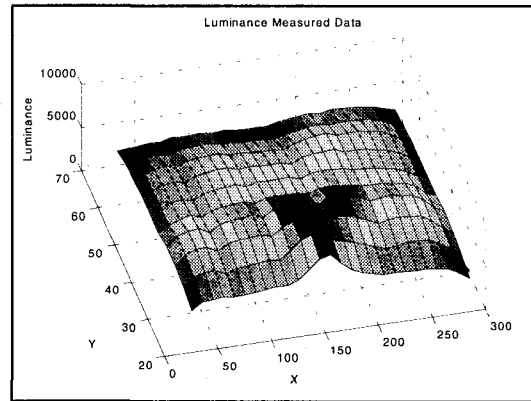
Fig. 7(a)는 기존의 인쇄 방식으로 제작된 도광판의 동일 영역에 대한 휘도 분포를 나타낸다. 평균 휘도는 1,787 cd/m<sup>2</sup> 로 낮은 편이나 균일도는 63%에 이른다.

Fig. 7(b)와 Fig. 7(c)는 레이저 평균 출력 5W, 각각 스캐닝 속도 0.6 m/sec와 0.4 m/sec인 가공조건에 대한 휘도 분포를 나타낸다. 스캐닝 속도가 빨라질수록 가공 폭과 깊이가 감소하고 휘도가 저하되는 경향을 볼 수 있다. 가공 조건에 따라 휘도의 뚜렷한 차이가 발생했음에도 불구하고 일정한 분포 경향을 관찰 할 수 있다. 이러한 경향은 램프의 선 광원이 중심부에서 가장 높은 휘도를 발하면서 평판의 투명 매질에 입사되기 때문에 나타난다.

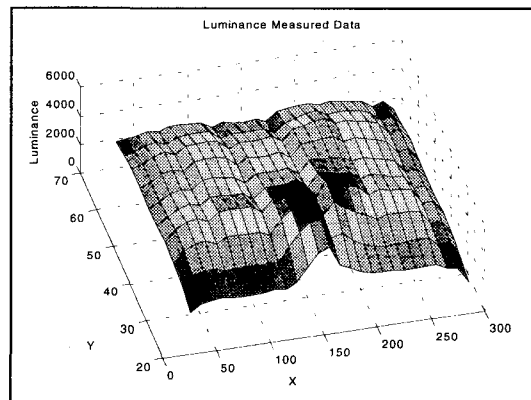
Fig. 8은 휘도가 최대가 되는 Y 축 위치에서의 분포를 비교한 것이다.



(a)



(b)



(c)

Fig. 7 Luminance distribution of LGP produced by  
(a) silk printing  
(b) laser power : 5W and scan speed : 0.6 m/sec  
(c) laser power : 5W and scan speed : 0.4 m/sec

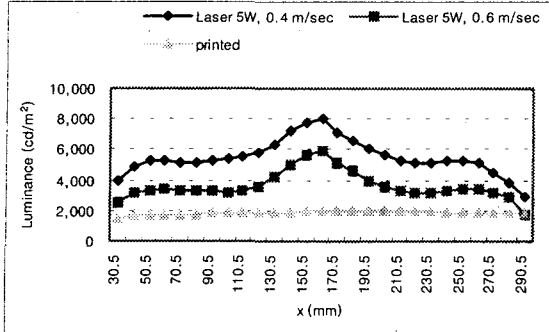


Fig. 8 Comparison of measured data at point Y: 30.5mm where the luminance reaches maximum value

#### 4. 결론

본 연구에서는 PMMA 재질의 도광판에 대한 레이저 마킹을 관찰하였으며 새로운 방식의 공정 기술 개발에 대한 가능성을 보여주었다. 레이저 마킹 시스템을 구성하여 도광판 패턴 제작에 관한 실험을 수행하면서 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 실제 적용이 가능한 양산 시스템을 구성하기 위해서는 레이저 마킹 시스템의 마킹 면적의 한계성을 극복해야 하며 이를 위해서는 광학계 및 스캐닝 시스템의 재설계가 필요하다.

2) 레이저 마킹 시스템을 이용한 도광판 패턴 제작에 있어서 레이저 빔의 출력, 스캐닝 속도가 중요한 가공 변수임을 알 수 있었다.

3) 레이저 가공은 인쇄방식에 비해 약 2~3 배의 높은 휘도를 보이지만 균일도를 높이기 위해 패턴의 재설계가 요구된다.

#### 후 기

이 논문은 BK21 지역대학육성사업단과 한국과학기술재단지정 경상대학교항공기부품기술연구센터(ReCAPT)의 지원에 의하여 지원되었으며, 장비 이용 협조와 기술적 조언을 주신 원다레이저, 상농기업, 희성정밀 관계자 여러분께 감사 드립니다.

#### 참고문헌

1. 김차연, "Back Light Unit(BLU) 기술동향," 한국정보디스플레이학회지, 제 2 권, 제 1 호, pp. 149-

150, 2001.

2. Z.Q. Liu, Y. Feng, X.-S. Yi, "Coupling effects of the number of pulses, pulse repetition rate and fluence during laser PMMA ablation," *Applied Surface Science*, 165, pp. 303-308, 2000.

3. 안민영, 이경철, 이홍규, 이상돈, 이천, "레이저 빔에 의한 PDP 격벽 재료의 식각," *전기전자재료학회논문지*, 제 13 권, 제 6 호, pp. 526-532, 2000.

4. Chern-Sheng Lin, Wei-Zun Wu, Yun-Long Lay, Ming-Wen Chang, "A digital image-based measurement system for a LCD backlight module," *Optics & Laser Technology*, 33, pp. 499-505, 2001.