

CO₂ 레이저 빔을 이용한 TFT-LCD 도광판의 패턴 제작에 관한 연구

김경동(경상대 대학원 기계설계과), 백창일(경상대 대학원 기계설계과),
송철기(경상대 기계항공공학부), 안성훈(경상대 기계항공공학부)

Fabrication of Grooved Pattern for the Light Guide Plate of TFT-LCD with CO₂ Laser

G. D. Kim(Mech. Design & Prod. Eng. Dept., GSNU), C. I. Beak(Mech. Design & Prod. Eng. Dept., GSNU),
C. K. Song(School of Mech. & Aero. Eng., GSNU), S. H. Ahn(School of Mech. & Aero. Eng., GSNU)

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 be replaced of other manufacturing methods such as silk printing, stamping, and v-cutting methods. The objectives of this research are the establishment of laser marking system, evaluation of laser marking parameters, understanding marking process, application to PMMA, reliability test and quality inspection. A 50W CO₂ laser (CW) was used to perform different experiments in which, the influence of some processing parameters (average power, scanning speed) on the geometry and quality of groove pattern was studied. The width of the etched grooves increases with increasing a laser power and decreasing a 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 Plate (도광판), CO₂ Laser (CO₂ 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)는 TFT-LCD Panel 의 뒤쪽에서 배면 광원으로 사용되고 있다⁽¹⁾. 최근, BLU 는 소재 및 제조 장비를 비롯한 전 공정의 국산화가 이루어졌으며 제조 공법의 첨단화로 고 성능, 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 확산 시키는 역할을 하며

재질로는 PMMA 수지가 가장 많이 사용되고 있다. 현재 도광판의 광학적 패턴 형성을 위하여 널리 적용되고 있는 제조 공법으로는 스크린 인쇄 방식, 사출 방식, 스탬핑 방식과 V-커팅 방식 등이 있다. 기존의 이러한 제조 방식들은 각각 제품의 성능, 재현성, 제작 가격, 생산성과 관련하여 나름대로의 장단점을 지니고 있으며 전,후처리 공정이 필요하다.

근래에 모델 변경 시 패턴, 금형, 스탬퍼 등의 설계 및 개발에 소요되는 시간을 단축 하기 위하여 V 커팅기가 각광 받고 있지만 가공 시간이 긴 단점이 있다.

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

2. 실험 장치 구성

폴리머 재료의 레이저 어블레이션(ablation)은 레이저 파장과 재료의 흡수 계수의 영향을 받는다⁽²⁾. 본 연구에서는 투명 재질인 PMMA 의 광 투과율을 고려하여 파장이 10.6 μm 인 CO₂ 레이저를 선정하였다. 파장이 1.06 μm 인 Nd:YAG 레이저 빔을 PMMA 에 집속시켰을 경우 그대로 투과하는 현상을 관찰할 수 있었다. 실험에 사용된 레이저는 TEM₀₀ 모드, 발진 형식은 연속파(Continuous Wave)이며 최대 출력은 50W 이다. Table 1 은 실험에 사용된 레이저 발진 장치의 사양을 나타낸다.

Table 1 Specifications of laser source

Maker	Wondar Laser
Wavelength (μm)	10.6
Output Power (W)	0~50
Power Stability	5%
Beam Size (mm)	0.34
Operation Mode	Continuous Wave
Mode Quality	TEM ₀₀
Power Supply	AC200V+10%, 50Hz
Power Consumption (kW)	2.2

Fig.2 는 사용된 실험 장치의 개략적인 그림이다. 레이저 빔 전송계는 2 개의 갈바노미터 스캐너 및 스캐닝 미러, 집속렌즈 등으로 구성되어 있다. 빔 전송 방식에 의한 마킹은 공정의 고속화에 유리하고 스테이지 방식은 안정성과 고정도화에 유리하다⁽³⁾.

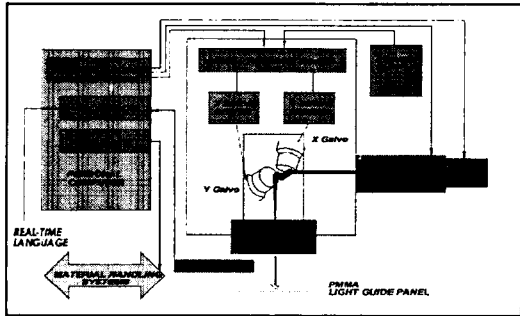


Fig. 2 Schematic diagram of system configuration

일반적인 레이저 마킹 시스템은 바코드, 이미지, 문자 등의 표식을 목적으로 하므로 도광판의 패터닝에 적합하도록 시스템의 변수를 목표 사양에 맞게 재 설계 하였다.

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 조

절이 유연해야 한다. 3) 형상이 균일하게 나오는 범위 내에서 가능한 스캐닝 속도를 빠르게 한다.

Fig. 3 의 광학계 구성도에 나타난 바와 같이, 시스템의 설계 변수는 다음과 같다: 1)갈바노미터와 피가공 물체의 수직거리 L_1 , 2)갈바노미터와 초점 렌즈와의 거리 L_2 , 3) 초점렌즈의 유효 직경 ϕ_1 .

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

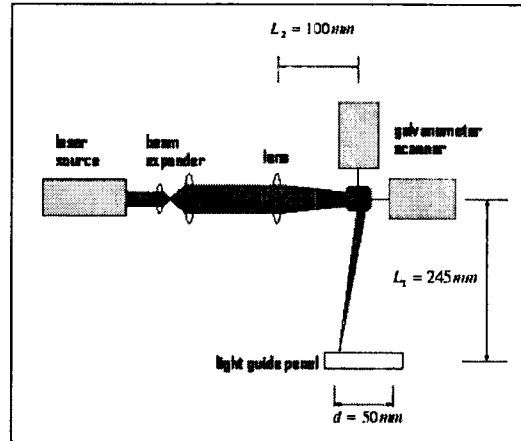


Fig. 3 Schematic diagram of optical system with refined system parameter

3. 실험결과 및 고찰

3.1 레이저 출력에 따른 가공 특성

Fig. 4 는 그루부 단면의 SEM 사진을 나타내고 있다. 피가공물의 높은 밀도로 인하여 식각부 주위에 미세한 크레이터(Crater)가 발생하였으며 이는 도광판의 광 경로에 좋지 않은 영향을 미칠 것으로 판단된다.

이와 같은 방식으로 단면형상의 변화를 관찰한 결과, 5W 이하의 저 출력 영역에서는 가공 표면이 고르며 재료의 용융이 적게 일어나 클레이터가 미세하게 형성 되었다. 출력이 증가함에 따라 용융 면적이 넓어지면서 가공 형상이 불 균일해지며 크레이터가 뚜렷하게 형성 되는 경향이 있다. 15W 이상의 출력에서는 용융 현상이 상단부까지 미쳐 크레이터에 손상이 일어나는 현상을 관찰할 수 있다.

출력이 증가할수록 가공 폭과 깊이가 커지면서 용융으로 인하여 재료의 변형이 심하게 일어나며 형상이 불 균일해진다. Fig.5 는 레이저 출력에 따른 그루부 폭과 깊이의 치수 변화를 나타낸다.

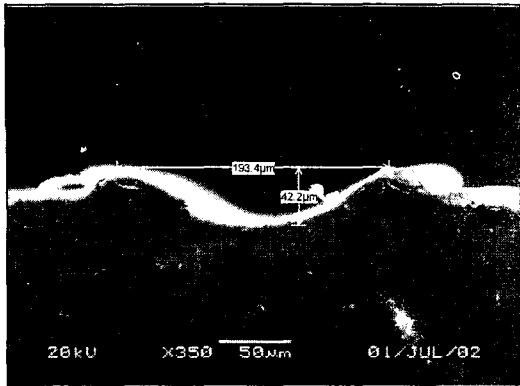


Fig. 4 A cross-sectional SEM image of PMMA ablated by power: 5W, scanning speed: 0.4 m/sec

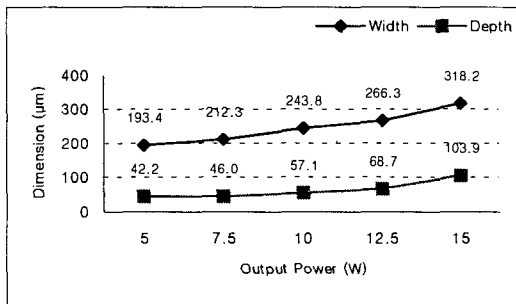


Fig. 5 Dimension of groove vs. output power

3.2 스캐닝 속도에 따른 가공 특성

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

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

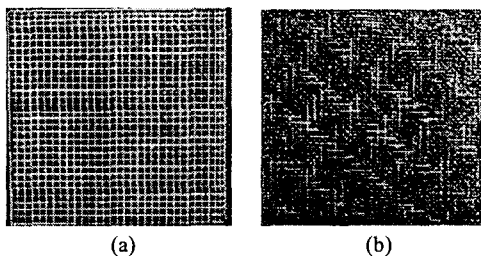


Fig. 6 Experimental results (a) for 20W, 0.4 m/sec (b) for 20W, 2m/sec

3.3 광학적 특성 측정

도광판은 균일한 광학 밀도(density) 및 분포(distribution)를 요구한다. 주요 광학 설계 인자(parameter)로는 투과율, 굴절률, 광학 밀도 분포 등이 있다⁽⁴⁾. 본 연구에서는 그루브 패턴의 레이저 가공 조건에 따른 휘도 분포를 측정하여 광 특성을 비교하였다.

Fig. 7(a)와 Fig. 7(b)는 레이저 평균 출력 5W, 각각 스캐닝 속도 0.4 m/sec 와 0.6 m/sec 인 가공조건에 대한 휘도 분포를 나타낸다. 스캐닝 속도가 빨라질수록 가공 폭과 깊이가 감소하고 휘도가 저하되는 경향을 볼 수 있다.

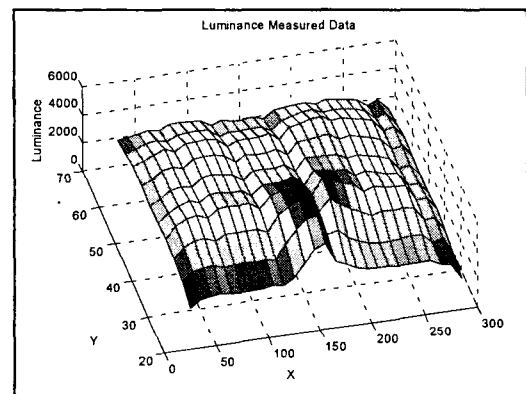


Fig. 7(a) Luminance distribution of LGP with laser power: 5W and 0.6 m/sec

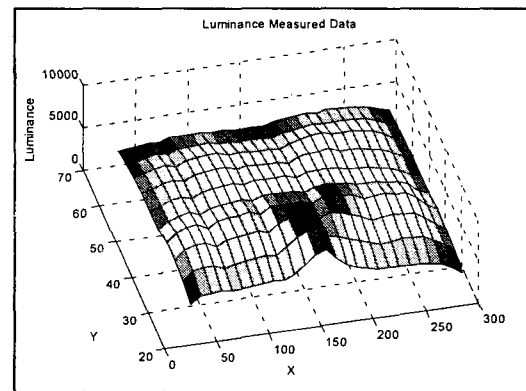


Fig. 7(b) Luminance distribution of LGP with laser power: 5W and 0.4 m/sec

Fig. 8 은 휘도가 최대가 되는 Y 축 위치에서의 분포를 비교한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 가공조건에 변화에도 휘도 분포 경향은 유사하지만 가공 폭 및 깊이 등 그루브 치수의 차이로 인하여 도광판의 휘도 성능에 크게 영향을 미쳤음을 알 수 있다.

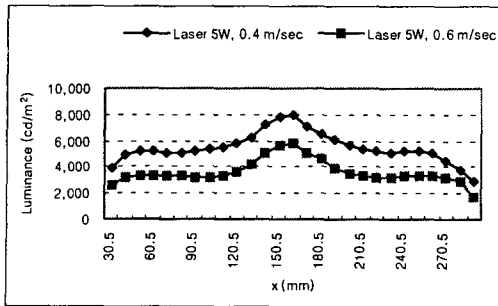


Fig. 8 Comparisons of measured data at point Y: 30.5mm where the luminance reaches maximum value

4. 결론

본 연구에서는 PMMA 재질의 도광판에 대한 레이저 마킹을 관찰 하였으며 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 재 설계가 필요하다.

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

3) 일정한 가공 깊이가 요구되는 평면 가공에서 출력 5W 에 스캐닝 속도 0.4 m/sec 를 설정하는 것이 가공 품질과 가공 시간 면에서 가장 유리함이 판명 되었다.

후 기

이 논문은 두뇌한국 21 사업에 의하여 지원되었음.

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, 이흥규, 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.