

레이저 가공에 의한 백라이트 도광판 성능 향상

김영섭 · 김태훈 · 박소희 · 최영희 · 최은서 · 신용진
 조선대학교 자연과학대학, Laser Imaging Laboratory

Improvement of Light Guide Panel Performance by Laser Patterning

Y. S. Kim, T. H. Kim, S. H. Park, Y. H. Choi, E. S. Choi and Y. J. Shin
 Laser Imaging Laboratory, Chosun University

Abstract

We propose a novel application of laser engraving to patterning of light guide panel (LGP) for backlight. The feasibility of three-dimensional engraved pattern in the LGP was verified by measuring brightness and uniformity. To improve the overall uniformity, we have modified proposed patterns and found improved design for patterns. The tailoring of pattern by using laser engraving method could endow the controllability of uniformity. The proposed LGPs are more efficient in both average brightness and uniformity of illumination than the conventional LGPs which have surface pattern on the panel.

Key words : light guide panel, backlight unit, laser engraving

1. 서 론

영상 디스플레이는 인간에게 시각적으로 정보 전달을 수행하는 인터페이스 중의 하나로 차세대 정보통신 및 디지털 기기의 핵심 기술로 인식되고 있으며 매년 매우 빠른 성장을 보이고 있다. 이러한 디스플레이들을 사용하는 광원에 따라 분류하면 수광형 디스

플레이 소자인 LCD(Liquid Crystal Display)와 능동형 소자인 CRT(Cathod Ray Tube)와 PDP(Plasma Display Panel)등이 있다. 이중 가장 각광을 받고 있는 LCD는 영상 및 정보 표시를 위하여 스스로 발광하지 못하므로 panel 후면에 BLU(Back Light Unit)를 배치한다. BLU의 기능은 선광원을 면광원으로 형태로 전환하는 것이다. BLU의 핵

심 부품중에 하나인 도광판(LGP; Light Guide Panel)은 BLU 전체의 밝기 및 휘도 균일도를 높이는데 매우 중요한 역할을 하고 있다. 도광판이 균일한 산란을 유도하기 위한 방법으로는 도광판 표면에 도료 인쇄방식을 이용하여 표면에 패터닝하는 인쇄방식, 패턴이 형성된 금형을 이용하여 표면에 패터닝하는 사출방식 및 V자형의 커터를 이용하여 표면 패터닝하는 V커팅방식 등 2차원적인 패터닝만이 적용^{1,2)}되고 있으나, 이는 온도나 습도에 약할 뿐만 아니라 많은 제작비용이 소요되는 문제점을 안고 있다. 따라서 본 연구에서는 도광판에 산란을 유도하는 패턴을 구성하는 각각의 산란체 설계와 이러한 산란체들로 구성된 3차원 패턴에 대한 효율을 실험적으로 측정하였다. 본 논문을 통해서 레이저로 만들어진 3차원적인 패터닝의 응용에 대한 새로운 연구결과를 제시하고 사용된 방법에 의해 효율이 향상된 도광판 제작이 가능함을 보이고자 한다.

2. 실험

본 연구는 예비 실험을 통해 결정된 3차원 산란 요소와 이를 적용한 3차원적 패턴을 제작하기 위해 PMMA 샘플 내부에 engraving 기법을 이용하여 균열 마크를 형성하였다. 도광판 제작에 사용된 시료는 크리스탈과 물성이 비슷한 PMMA(Poly Methyl Methacrylate)로 50×40×5 mm의 크기로 투과율 92.7%, 흡수율 0.25%, 굴절률 1.49의 물성을 가진다. 사용한 광원은 3.5 lm의 광량과 30° 시야각을 가진 LED(Superflux, USA) 3개를 사용하였고 그림 1과 같이 제작된 샘플에 위치시켰다. 도광판을 가공하는데 Q-switched Nd:YAG 레이저(LOTIS TII, Republic of Belarus)를 이용하였고 광원의 개략도는 그림 2와 같다. 이는 초기 발진된 1064 nm의

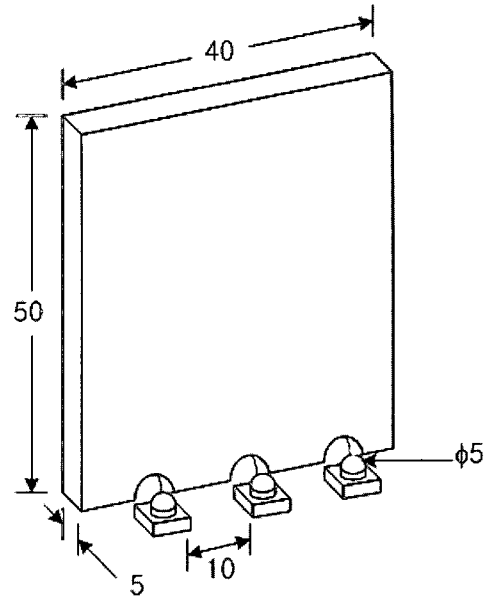


Fig. 1 Arrangement of LED with LGP.

빔을 KTP 크리스탈을 이용해 중심파장 532 nm인 이차고조파로 변환시킨 뒤 $\lambda/4$ 플레이트를 사용하여 원편광으로 변환시킨다. 원편광 변환을 통해서 레이저 가공시 시료 내부의 마킹에 있어서 균일한 방향성을 가지도록 하고 있다.

마킹시 펄스 에너지는 30 mJ이고 펄스 반복율은 50 Hz로 고정시켰다. 각각의 미세 마킹 포인트를 생성하기 위하여 초점 거리 43 mm인 초점렌즈를 z축 방향으로 이동하게 하여 샘플내부 임의의 점에서의 초점의 위치를 제어할 수 있도록 되어있다. 약 50 μm 의 마킹 포인트를 형성하였고 xy moving stage를 사용하여 수평 방향의 마킹 포인트 위치를 제어하였다^{3,4)}. 또한 시료 표면에서의 손상이 없이 내부에만 마킹 포인트를 생성하기 위해 1.8배의 output telescope를 사용하여 beam divergence를 보상하면서 직경 5mm의 빔으로 확대 시킨 후 초점 거리가 짧은 렌즈를 위치시켜 시료 내부에 집속시켰다. 집속된 레이저 빔에 의해 형성된 마킹 포인트는 그림 3과 같은 직경 50 μm 의 미소점을

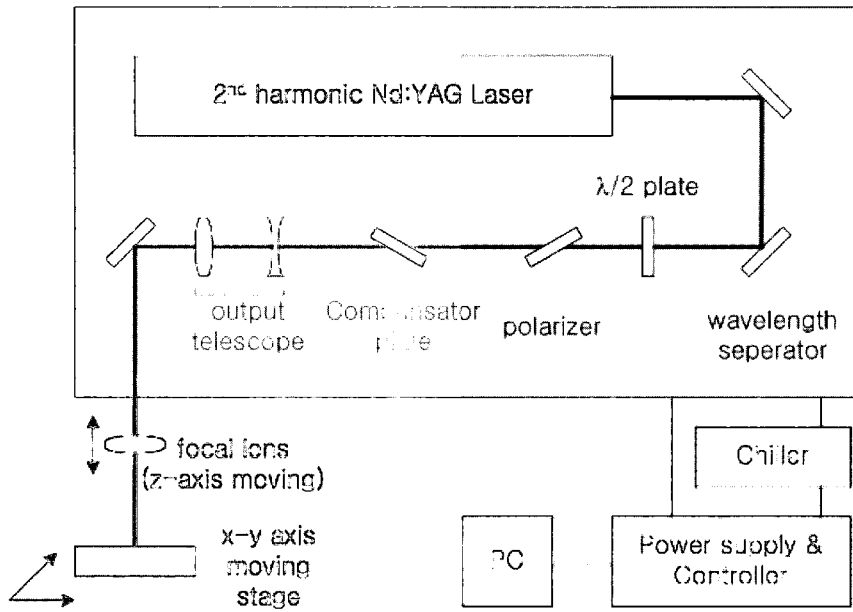


Fig. 2 Schematic diagram of engraving laser system.

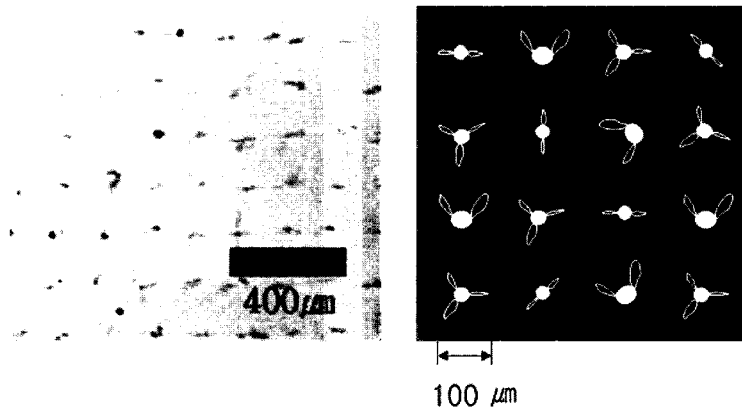


Fig. 3 shapes of laser marking spot and induced crack.

생성하였고 직경 약 100 μm 의 균열을 만들었다. 이렇게 형성된 미소점과 균열은 시료 내부에서 산란효과를 극대화시켜 마킹 포인트를 가시화시키며 가시화된 마킹 포인트를 개개의 산란체로 하는 특정 3차원 패턴을 시료 내부에 형성할 수 있었다. 그림 4의 (a)~(d)와 같이 제작된 도광판 중에서 일부는 내부의 산란 패턴을 균일한 산란체 밀도를 갖는 패턴으로 하고 나머지는 그림 4의 (e)~(g)와 같이 가변적인 산란체 밀도를 갖는 3차원

패턴을 생성하였다. 각각의 패턴은 전자의 경우 기존의 도광판 제작 방법과 같은 표면 사각패턴, 내부 사각 3차원 경사패턴, 내부 곡선 3차원 경사패턴 및 내부 사각3차원 경사 배열 패턴으로 배열하였으며, 후자의 경우 전자의 패턴에서 표면 사각 패턴만을 배제하고 동일한 3차원의 패턴을 형성하였다. 이렇게 형성된 밀도가 다른 산란체를 이용하는 패턴은 광원부에서부터 거리가 멀어질수록 마킹 포인트 간의 거리가 310 μm 에서 150

μm까지 일정한 비율로 바뀌도록 하였고 각각의 패턴의 평면을 형성하도록 마킹 포인트를 배열하였다. 그림 5는 그림 4에서 보이는 패턴들에 따라 도광판 내부에 형성된 패턴 구성 요소들을 보이고 있다. 그림 5의 (a)~(d)는 그림 4의 (a)~(d)에 대응되는 산란체들의 사진모습이며 그림 5의 (e-1)~(g-3)은 그림 4의 (e)~(g)의 대응되는 패턴을 구성하는 산란체 요소들의 사진모습으로써 광원 입사부에서부터 산란패턴의 끝단까지를 3단계로 나누어 보여주고 있다.

제시된 패턴의 형태로 레이저 가공된 도광판의 밝기의 효율과 분포 측정은 그림 6과 같은 면휘도 측정기(Radiant Imaging, USA)를 사용하여 정해진 면적에 대한 휘도를 연속적으로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3차원 상용 프로그램에 의해 설계된 7가지

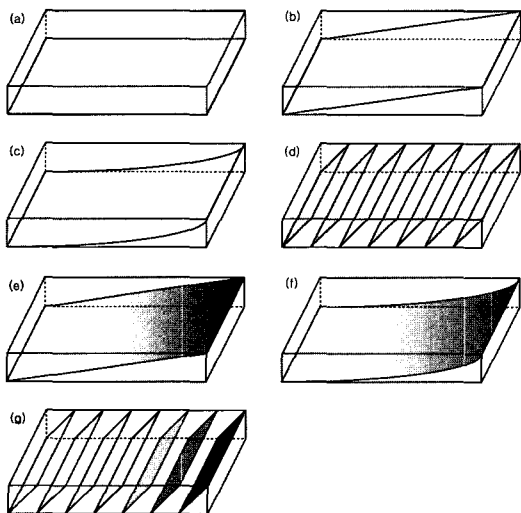


Fig. 4 Laser engraving patterns; (a)~(d) : uniform density; (a) surface, (b) slope, (c) curved slope, (d) slope array, (e)~(g) : gradient density; (e) slope, (f) curved slope, (g) slope array.

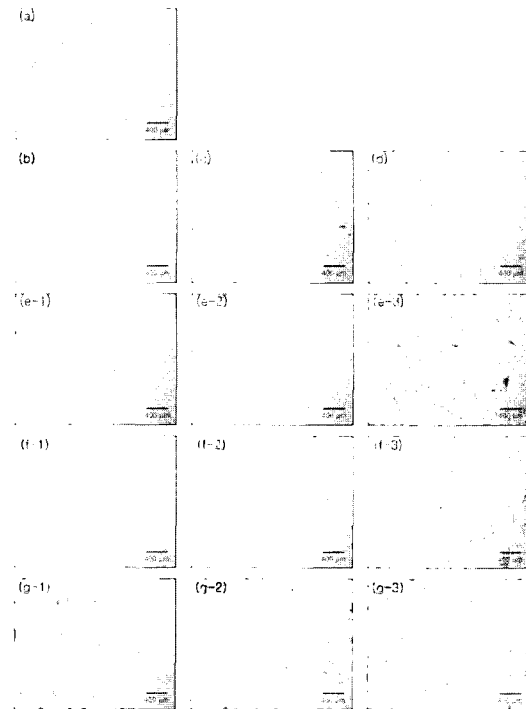


Fig. 5 Scatters in various patterns; (a)~(d) : uniform density; (a) surface, (b) slope, (c) curved slope, (d) slope array, (e)~(g) : gradient density; (e) slope, (f) curved slope, (g) slope array.

3차원 패턴을 시료 내부에 Engraving 가공 시스템을 이용하여 가공한 후 면휘도 측정기로 각 패턴에 따른 평균 밝기와 밝기 분포를 측정하였다. 그림 7은 균일한 요소 밀도를 갖는 PMMA 도광판 제작에 있어 면의 밝기 분포를 보여주고 있다. 그림 7(a)는 표면 사각 패턴의 도광판에 밝기 분포로써 입사부에서 입사광의 강한 산란으로 두드러진 밝기 분포를 보이며 광원에서 멀어질수록 밝기 효율은 떨어지고 있음을 볼 수 있다. 그림 7(b)는 내부 사각 경사 패턴의 도광판 밝기 분포로 (a)와 유사한 결과를 보이고 있으나 내부 패턴의 경사로 인한 광산란의 활성화로 광원에서 떨어진 부분에서도 밝기가 크게 개선됨을 볼 수 있다. 그림 7(c)는 내부 곡선

경사 패턴에 대한 분포로 (a) 및 (b)와 비교해 볼 때 도광판 내부로 더 많은 광이 유입되어 광원 입사부에서의 밝기가 두드러게 감소했음을 볼 수 있다. 그림 7(d)는 내부 사각 형사 배열 패턴에 의한 도광판 밝기 분포로 광원의 입사부에 위치한 패턴면에서 입사광의 강한 산란으로 크게 향상된 밝기 분포가 보이며 광원에서 멀어질수록 밝기가 감소함을 볼 수 있다. 그림 8은 변화된 산란체 밀도를 갖는 도광판의 면밝기 분포를 나타내

고 있는 것으로 광원에서 멀어질수록 마킹 포인트의 밀도를 높게 하였다. 그림 8(a)는 내부 사각 경사 패턴, (b)는 내부 곡선 경사 패턴, (c)는 내부 사각 경사 배열 패턴의 밝

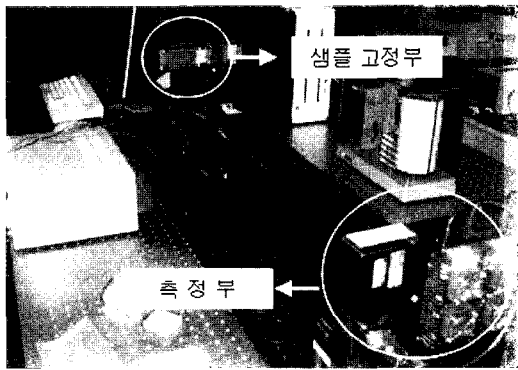


Fig. 6 The illumination measurement system to evaluate of LGP performance.

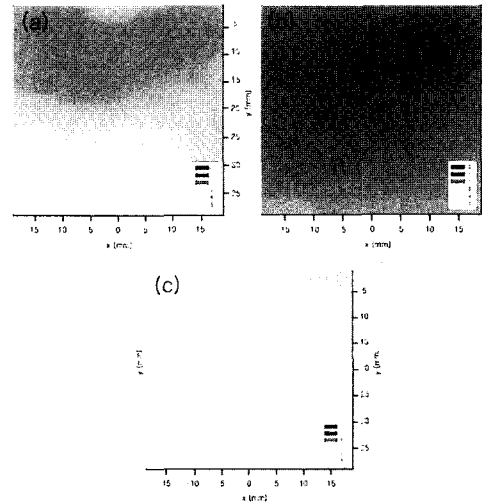


Fig. 8 The illumination measurement results of LGP having non-uniform scatters density; (a) slope, (b) curved slope, (c) slope array.

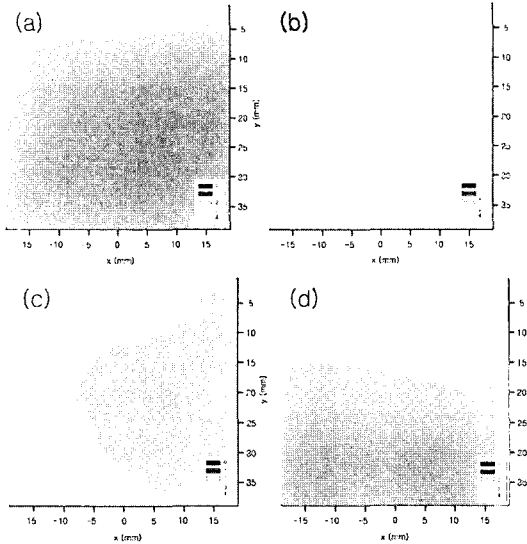


Fig. 7 The illumination measurement results of LGP having uniform scatters density; (a) surface, (b) slope, (c) curved slope, (d) slope array.

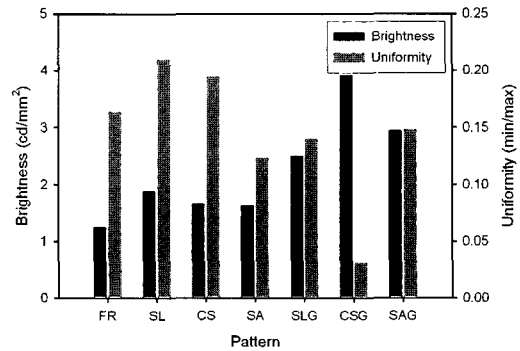


Fig. 9 Comparison of the average brightness and the uniformity of brightness having different pattern and scatter's density; FR : surface pattern, SL : slope pattern, CS : curved slope pattern, SA : slope array pattern, SLG : slope pattern with gradient density, CSG : curved slope pattern with gradient density, SAG : slope array pattern with gradient density.

기 분포를 나타내는 것으로 그림 7과 비교해 광 입사부의 밝기가 현격히 감소한 반면 밝기 분포의 균일성 개선되었음을 보이고 있다. 균일한 밀도의 내부패턴을 인해 발생하는 음영 및 밝기 불균일성은 내부 3차원적인 형상 패턴과 부분적인 밀도의 변화로 개선될 수 있었다.

4. 결 론

본 연구를 통하여 2차원적인 표면 패터닝만을 고려하던 도광판과는 달리 패턴을 이루는 각각의 요소 설계 및 디자인된 3차원 패턴의 레이저 마킹을 통한 새로운 형태의 도광판을 제시하였다. 3차원 입체 패터닝 제작에 레이저 engraving 기법을 적용하여 빛이 진행되는 도광판 내부의 경로에 직접 산란체를 형성시킴으로써 기존의 도광판보다 평균 밝기는 약 30%, 밝기 분포의 균일성은 약 50% 이상 향상된 결과를 측정하였다. 이러한 향상된 결과는 산란체 요소나 패턴이 빛이 진행되는 방향에 대하여 도광판의 상부보다 더 많은 산란과 반사가 이루어질 수 있도록 광산란을 유도하는 제안된 디자인 형태의 패턴의 의한 것으로 판단된다. 또한 도광판의 핵심 성능 중의 하나인 균일한 밝기 분포를 제어하기 위한 방법으로 도광판 표면 패턴에 적용되어온 요소밀도 및 형상 조절 방법을 3차원적인 내부 패턴을 적용하여 음영 영역에 대한 보정이 가능함으로써 밝기 분포의 균일성을 향상시킬 수 있었다. 뿐만 아니라 제작 공정의 단순화를 통해서 비용 절감 면에서도 월등한 장점을 가져올 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. 김경동, 백창일, 송철기, 안성훈 : CO₂레이저빔을 이용한 TFT-LCD 도광판의 패턴 제작에 관한 연구, 한국정밀공학회 추계 학술대회논문집, pp. 147-150, 2002.
2. Feng Di, Yan Yingbai, Yang Xingpeng, Jin Guofan, Fan Shoushan : Novel integrated light-guide plates for liquid crystal display backlight, Journal of optics A, Pure and applied optics, Vol.7 No.3, pp. 111-117, 2005.
3. Sohee Park, Youngseop Kim, Yongjin Shin : Investigation of the shape of the dots in laser irradiated crystal and PMMA using Optical Coherence tomography, Journal of Korean Society of Laser Processing, Vol.8 No.2, pp. 1-6, 2005.
4. Y. J. Shin, Y. S. Kim, S. H. Park, J. W. Lee, W. G. Jung, Z. Chen, and J. S. Nelson : Analysis of laser engraving image inside crystal and PMMA, Proc. SPIE, Vol.5713, pp. 539-544, 2005.