

< 논문 >

다변 광원 도광판에 대한 연구

사종엽* · 박종렬*

(2004년 1월 9일 접수, 2005년 1월 31일 심사완료)

Analysis on LGP with Multi-Side-Lamp

Jong-Youb Sah and Jong-Ryul Park

Key Words: Backlight(백라이트), LGP(도광판), Brightness(휘도), Pattern Design(패턴설계), Multi-Side Lamp(다변광원)

Abstract

LGP(Light-Guide Panel) of LCD backlight is one of the major componets which affect on the product quality of LCD. The LGP with multi-side lamp has been analized for pattern design with the uniform distribution of brightness. When given the uniform distribution of brightness as target, the distribution of dot pattern has been designed for superposed distributions of brightness for each lamp. Multi-side lamp has been tested for various types such as L-, C-, and □-shapes. The present study enhances the possibility of LGP with multi-side lamp by showing the pricise control of brightness distribution.

1. 서론

도광판은 LCD 품질을 좌우하는 주요 부품 중의 하나이다. 도광판의 원리는 광학적으로는 전반사와 산란으로 이루어진다.^(1,2) 도광판의 굴절율에 의하여 도광판 내부로 전파하는 광은 전반사되어 계속 도광판 내부로 전파되며, 산란패턴에 부딪히면 산란되어 도광판 외부로 방출된다. 이러한 산란패턴을 만드는 방법으로는 인쇄방식과 v-cut 방식, 금형을 이용한 성형 방식 등이 있으며, 최근에는 나노가공기술^(3,4)을 이용하여 도광판의 품질과 생산성을 향상시키려는 연구들이 활발하게 시도되고 있다.

새로운 가공 기술이나 새로운 공정을 도입하여 새로운 도광판을 개발하고자 할 때, 도광판의 광

학 특성으로 인하여 많은 연구자들이 도광판 설계를 수행하는데 어려움을 겪는다. 도광판의 휘도분포는 공정 상의 미세한 오차에 민감하게 변화하므로 시행착오 방식에 의하여 반복적으로 도광판 설계를 수행하게 된다. 사종엽, 박종렬^(5,6)은 기존의 시행착오 방식의 노하우에 의한 설계 관행을 개선할 수 있는 체계적인 도광판 패턴 설계 기술을 연구하였다. 공정 상의 다양한 오차에도 불구하고 설계 변수를 오차에 적응시켜 설계자가 원하는 목표 휘도 분포를 1차 설계에서 바로 얻을 수 있도록 오차 적응 방식의 설계 기법을 개발하였다. 또한, 사종엽, 박종렬은 도광판의 광학적인 특성에 대하여 체계적인 연구를 수행함으로써, 목표 휘도 분포를 유지하면서 최대 가능 휘도를 얻을 수 있는 방법과 도광판의 두께나 인쇄 오차 등에 의한 영향을 조사하였다. 도광판의 방출광량 효율이 높을수록 미세한 공정 오차에 휘도분포가 민감하게 반응하는 것을 알 수 있었다.

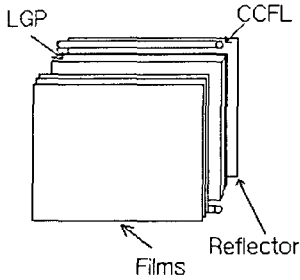
국내외에서 개발된 기존의 도광판은 주로 일차원 광산란 패턴 설계가 대부분이다. 본 연구에서는 이차원 광산란 패턴 설계를 연구하여 새로운 도광판을 개발함에 있어서 더 많은 가능성을 제

* 책임저자, 회원, 영남대학교 기계공학부

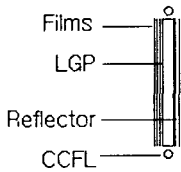
E-mail : jysah@yu.ac.kr

TEL : (053)810-2574 FAX : (053)813-3703

* 회원, 주식회사 테크자인



(a) Configuration of LCD backlight



(b) Side view of LCD backlight

Fig. 1 Configuration of LCD backlight

공하고자 하였다. 도광판의 여러 변에 각각 광원을 배치한 이차원 광산란 패턴 설계를 수행하고 기존 일차원의 경우에 개발된 오차 적응 기법과 피드백 기법을 이차원으로 확장하였다.

도광판의 유효화면 크기는 290mm*215mm이고, 두께는 4mm, 잉크는 Nagase 잉크, 반사판은 SKC사의 RP10, 스크린 매쉬는 300으로 하여 인쇄방식으로 도광판을 제작하였으며, 산란패턴의 피치는 1mm로 하였다.

2. 일차원 도광판의 구조

LCD 백라이트는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 광학 필름과 도광판, 반사필름, 그리고 램프로 구성되어 있다. 국내외 업체들이 가장 일반적으로 사용하고 있는 도광판의 광원 배치 형상이 Fig. 2에 나타나 있다. 광원은 도광판의 한쪽 측면에 설치되어 있거나 마주보는 양쪽 측면에 설치되어 있다. 이러한 도광판들의 광의 진행 방향은 모두 한쪽 방향으로만 관계하므로 산란패턴과 방출광량의 관계는 일차원적인 관계를 갖고 있다. 따라서, 산란패턴의 분포와 방출광량의 관계가 1차

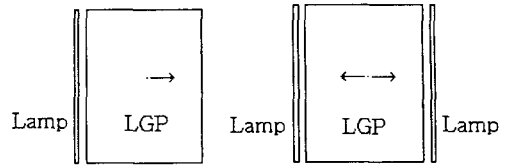


Fig. 2 One-dimensional LGPs

자유도를 가지고 변화하므로 패턴 설계가 상대적으로 용이하다. 이러한 기본적인 형상의 일차원 도광판에 대하여서는 국내외 업체들이 시행착오 방식의 노하우를 구축하여 제품 설계 및 개발에 활발하게 적용하고 있다.

2.1 일변일등 일차원 도광판

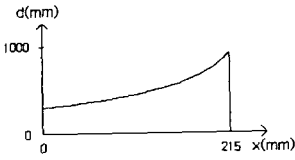
일변일등 방식의 일차원 도광판은 노트북용 LCD 백라이트에 주로 사용된다. 이러한 일변일등 도광판에서는 한 쪽 측면에 배치된 광원으로부터 입사된 광이 도광판 내부로 전반사하여 전파하다가 패턴에 부딪히면 산란되어 도광판 전면으로 방출된다. 이때 상부로 방출된 광량의 휘도 분포가 균일하게 되도록 산란 패턴의 분포를 조절하는 것을 도광판의 산란 패턴 설계라 한다.

Fig. 3은 균일한 휘도분포를 갖도록 설계된 산란패턴의 분포를 보여준다. 산란패턴의 크기는 입광부에서 가장 작고 광원으로부터 멀어질수록 점점 커진다. Fig. 3(a)는 광원의 중심에서 램프에 수직인 방향으로의 원형 도트 패턴의 직경의 변화를 보여준다. Fig. 3(b)는 도광판의 도트패턴의 분포를 보여주는 개략도이다. 실제로는 도트의 수가 너무 많아 그릴 수 없으나 도트의 수를 줄이고 크기를 확대시켜 직경의 변화를 개략적으로 살펴 볼 수 있도록 하였다. 원형 도트 패턴의 최소 및 최대 직경은 각각 314 μ m와 910 μ m이다.

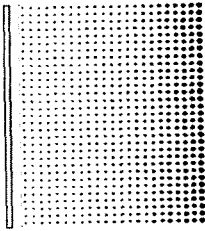
Fig. 4는 일변일등 도광판의 설계 결과로 제작된 도광판의 휘도 분포의 측정 결과이다. 균일한 휘도분포를 갖고 있는 것을 알 수 있으며, 램프 양 끝단 부분의 암부를 보정하기 위하여 코너 보정을 수행하였다. 평균휘도는 1,740Cd/m²이고 균일도는 89%이었다. 여기서, 균일도는 최대 휘도값에 대한 최소 휘도값의 비율을 의미한다.

2.2 이변이등 일차원 도광판

이변이등방식의 일차원 도광판은 모니터용



(a) Pattern distribution



(b) Sketch of pattern distribution

Fig. 3 Pattern distribution of LGP with U-shaped lamp

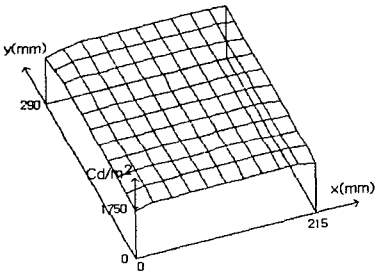


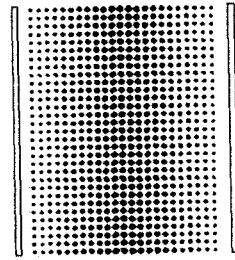
Fig. 4 Brightness distribution of LGP with U-shaped lamp

LCD에 주로 사용된다. 밝기를 증가시키기 위하여 광원을 추가로 배치할 때, 서로 마주보는 양쪽 측면에 램프를 함께 설치한다. 양쪽에서 광이 입사되지만, 서로 한방향으로만 영향을 미치기 때문에 휘도 분포와 산란패턴은 일차원적인 관계를 갖는다. 양쪽 램프로부터 방출된 광량의 합이 균일한 휘도 분포를 갖도록 도광판의 산란 패턴을 설계하였다.

Fig. 5는 균일 휘도분포를 갖도록 설계된 산란 패턴의 결과를 보여준다. 램프의 중심부에서 램프에 수직인 방향으로의 원형 도트 패턴의 직경의 변화가 Fig. 5(a)에 나타나 있다. 광원이 대칭적으로 배치되므로 패턴의 형상도 대칭적으로 분포되어 있음을 알 수 있다. 최소 패턴은 광이 입사되는 입광부 쪽에 위치하고 있으며, 최대 패턴

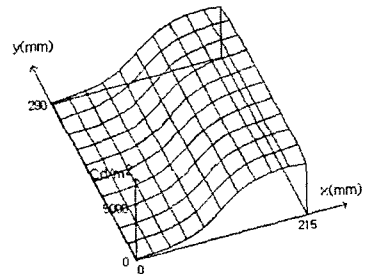


(a) Pattern distribution

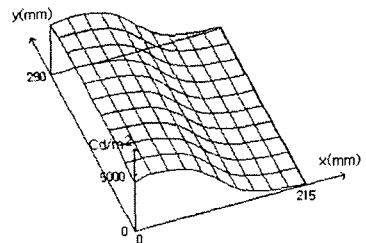


(b) Sketch of pattern distribution

Fig. 5 Pattern distribution of LGP with =-shaped lamps



(a) Effect of right lamp



(b) Effect of left lamp

Fig. 6 Brightness distribution of LGP with =-shaped lamps

은 중앙의 대칭부분에 위치하고 있다. 최소 직경과 최대 직경은 각각 $543\mu m$ 와 $910\mu m$ 이다. Fig.

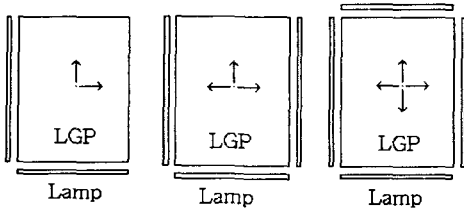


Fig. 7 Two-dimensional LGPs

5(b)는 확대된 도트 패턴의 분포 형상을 보여준다. 코너 보정을 제외하고 일차원적인 패턴 분포를 보이고 있음을 알 수 있다.

Fig. 6은 휘도분포를 보여준다. Fig. 6(a)와 (b)는 각 램프가 점등되었을 때의 휘도분포를 보여준다. 전체 휘도분포는 코너의 일부 영향을 제외하면 설계목표대로 균일하게 잘 설계되었음을 알 수 있다. 평균휘도는 $4,740\text{Cd/m}^2$ 이고 균일도는 92%이었다.

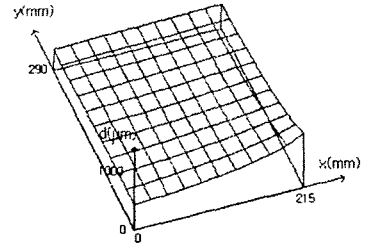
이상에서 알 수 있는 바와 같이 일차원 도광판에서는 산란패턴과 휘도 분포가 광원에 수직한 한 방향으로만 서로 영향을 미치며 변화한다. 따라서, 일차원 도광판의 설계에서는 산란패턴의 분포 설계에서 한 방향의 변화만을 고려하면 된다는 것을 알 수 있다.

3. 이차원 도광판의 구조

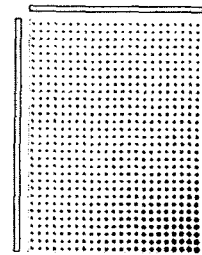
본 연구에서는 일차원 도광판의 개념을 확장하여 Fig. 7과 같은 광원 배치를 갖는 이차원 도광판을 개발하고자 한다. 이차원 도광판의 경우에는 광이 x 축과 y 축 두 방향으로 진행하므로 산란패턴과 방출광량의 관계는 이차원적인 관계를 갖는다. 어느 지점의 산란패턴을 변경시키면 방출광량에 대한 영향이 x 축과 y 축 두 방향으로 미치기 때문에, 이차원 도광판은 일차원 도광판에 비하여 설계가 더 복잡하여 거의 적용된 예가 없다.

3.1 이변이등 이차원 도광판

이차원 도광판 중에서 서로 이웃한 두 변에 광원이 배치된 경우는 실제로 적용되는 사례가 거의 없다. 그 이유는 적용 사례를 찾지 못해서라기 보다는 Fig.5와 같은 이등이변 일차원 설계에

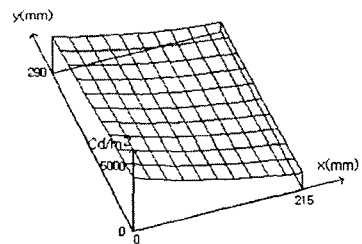


(a) Pattern distribution

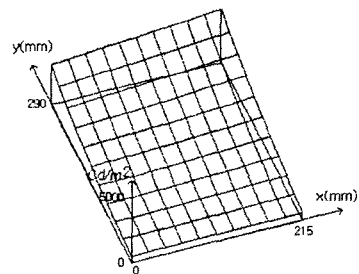


(b) Sketch of pattern distribution

Fig. 8 Pattern distribution of LGP with L-shaped lamps

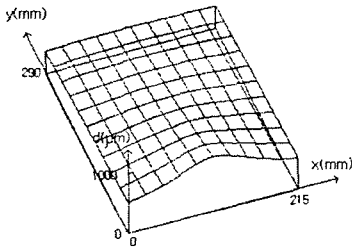


(a) Effect of left lamp

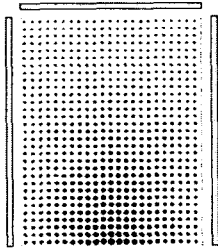


(b) Effect of top lamp

Fig. 9 Brightness distribution of LGP with L-shaped lamps



(a) Pattern distribution



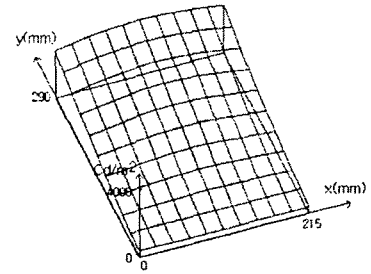
(b) Sketch of pattern distribution

Fig. 10 Pattern distribution of LGP with C-shaped lamps

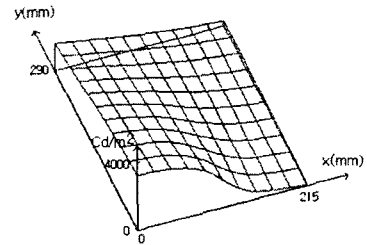
비하여 패턴 설계가 번거롭고 쉽지 않기 때문이다. 이러한 이변이등 이차원 도광판에서는 한 부분의 휘도 분포를 변경시키면 전체적으로 패턴 분포를 변경시켜야 한다. 패턴 설계가 용이하게 이루어질 수 있으면, 이변이등 이차원 도광판도 적용 사례를 찾을 수 있을 것으로 믿는다.

Fig. 8(a)는 이러한 이변이등 이차원 도광판의 산란패턴의 분포를 보여준다. 이웃한 두 램프 사이의 코너 부위에서 도트 패턴의 직경이 가장 작고 반대편 모서리에서 도트 패턴의 직경이 가장 크게 설계되었다는 것을 알 수 있다. 최소 직경과 최대 직경은 각각 $256\mu\text{m}$ 와 $910\mu\text{m}$ 이다. 확대 및 간략화된 도트 패턴 분포의 형상이 Fig. 8(b)에 나타나 있어 도광판 전체의 도트 패턴의 변화를 쉽게 파악할 수 있다.

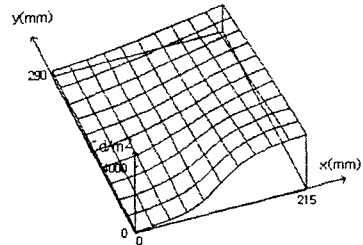
Fig. 9(a), (b)는 이변이등 이차원 도광판에서 이웃한 각각의 램프가 하나씩 점등되었을 때의 휘도분포를 보여준다. 이 두 그림에서 더 이상의 대칭성은 기대할 수 없음을 알 수 있다. 두 램프를 함께 점등하면 Fig. 9(a)와 (b)의 결과가 중첩되어 설계목표대로 균일 휘도분포를 갖는다. 이러한 이변이등 이차원 도광판은 특정지점의 산란패턴이 x 축 및 y 축 방향으로의 휘도분포에 모두



(a) Effect of top lamp



(b) Effect of left lamp



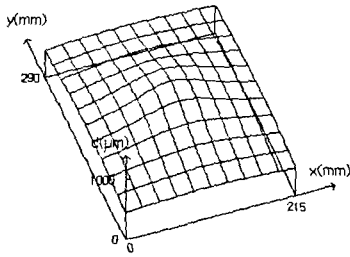
(c) Effect of right lamp

Fig. 11 Brightness distribution of LGP with C-shaped lamps

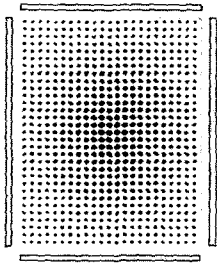
영향을 미치므로 두 램프의 휘도효과를 중첩한 결과에 대하여 균일한 휘도분포를 설계하는 것이 용이하지 않음을 알 수 있다. 평균휘도는 $4,140\text{Cd}/\text{m}^2$ 이고 균일도는 90%이었다. 이변이등 이차원 도광판보다 평균 휘도가 낮은 이유는 램프의 길이가 더 짧기 때문에 램프로부터 도광판 내부로 입사되는 총 광량이 더 적기 때문이다.

3.2 삼변삼등 이차원 도광판

삼변삼등 이차원 도광판도 일부 모델에 적용된 바 있으나 산란 패턴의 설계가 용이하지 않아 정교한 휘도 분포 제어가 요구되는 도광판에는 널리 적용되지 않고 있다. 삼변에서 입사된 광이



(a) Pattern distribution



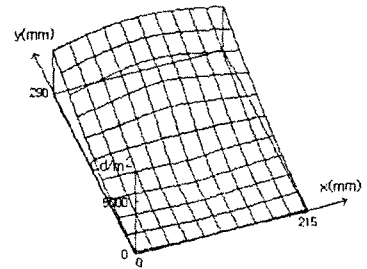
(b) Sketch of pattern distribution

Fig. 12 Pattern distribution of LGP with □-shaped lamps

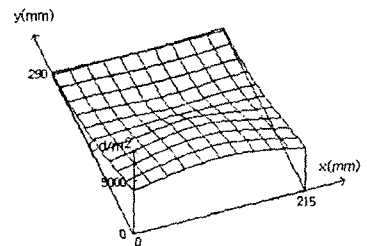
도광판 내부로 전과하면서 산란 패턴에 의하여 산란되어 방출되며, 방출된 광의 휘도 분포가 균일하게 되도록 산란 패턴의 이차원적인 설계를 수행하였다.

Fig. 10(a)는 도트 패턴의 직경의 이차원적 분포를 보여준다. 램프가 배치되지 않은 변의 중앙 부위에서 패턴의 크기가 가장 커지는 것을 알 수 있다. 이웃한 램프 사이의 코너 부위에서 도트 패턴이 가장 작은 직경을 갖는다는 것을 알 수 있다. 최소 직경과 최대 직경은 각각 $385\mu\text{m}$ 와 $910\mu\text{m}$ 이다. Fig. 10(b)는 실제 산란 패턴의 형상을 확대 및 간략화하여 전체적인 분포를 알 수 있게 한다.

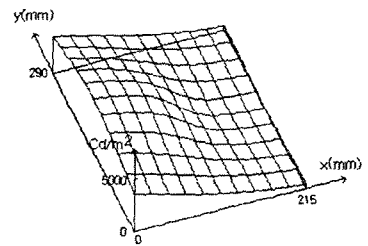
Fig. 11은 세 면에 램프가 배치된 이차원 도광판에 대하여 균일 휘도분포를 설계한 결과를 보여준다. 세 개의 각 램프로부터 얻어진 휘도분포가 Fig. 11(a), (b), (c)에 나타나 있으며, 마주보는 두 램프의 결과인 Fig. 11(a)와 (b)는 서로 대칭적인 모습을 하고 있음을 알 수 있다. 세 개의 램프를 모두 점등하면 각 휘도 분포가 중첩되어 나타나며, 균일한 휘도분포를 갖는다. 램프의 코너 부위는 별도의 코너 보정을 수행하였으며, 전체적으로 설계목표대로 균일한 휘도 분포를 갖고 있으며, 평균휘도는 $6,600\text{Cd/m}^2$ 이고 균일도는



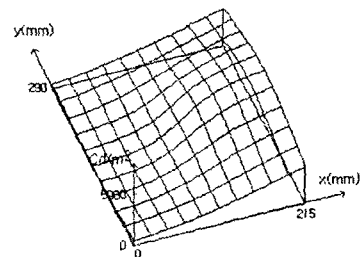
(a) Effect of top lamp



(b) Effect of bottom lamp



(c) Effect of left lamp



(d) Effect of right lamp

Fig. 13 Brightness distribution of LGP with □-shaped lamps

93%이었다.

3.3 사변사등 이차원 도광판
사변사등 이차원 도광판은 아직 LCD 백라이

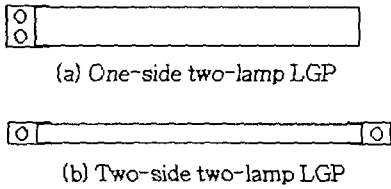
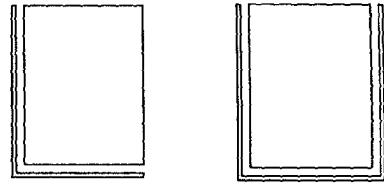
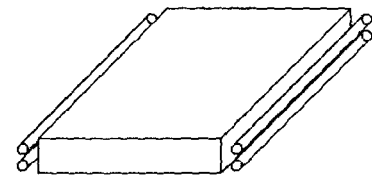


Fig. 14 LGP with two-lamps

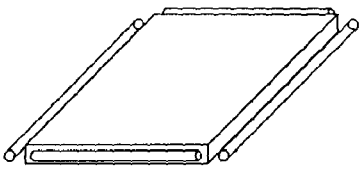


(a) L-shaped lamp (b) C-shaped lamp

Fig. 17 Special-shaped-lamp LGPs

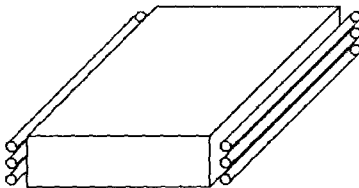


(a) Two-side four-lamps LGP

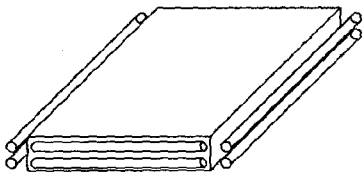


(b) Four-side four-lamps LGP

Fig. 15 LGP with four-lamps



(a) Two-side six-lamps LGP



(b) Three-side six-lamps LGP

Fig. 16 LGP with six-lamps

트에 적용된 바 없지만, 단위면적 당 동일 두께로 입사시킬 수 있는 광량이 최대이므로 패턴 설계가 가능하고 정밀한 휘도 분포 제어가 가능하면 향후 채택될 가능성이 매우 높을 것이다.

각변에서 방출되는 모든 광량에 대한 휘도 분포가 균일하도록 이차원 패턴 설계를 수행하였다.

Fig. 12(a)는 도트 패턴 직경의 이차원적 분포를 보여주고 있으며, 최소 크기는 이웃한 램프 사이의 코너 부위에서, 최대 크기는 도광관의 중앙에 위치함을 알 수 있다. 실제 산란패턴을 확대 및 간략화하여 그린 결과가 Fig. 12(b)에 나타나 있다. 최소 직경과 최대 직경은 각각 $467\mu\text{m}$ 와 $910\mu\text{m}$ 이다.

Fig. 13(a), (b), (c), (d)는 사변사등 이차원 도광관에 대하여 각 램프 점등 시의 휘도분포를 보여준다. 전체 램프를 점등하면 각 휘도분포가 중첩되어 평균휘도 $8,490\text{Cd}/\text{m}^2$, 균일도 94%의 균일한 휘도 분포를 나타낸다. 이러한 사변사등 방식의 도광관은 단일 두께에서 최대의 효율을 낼 수 있는 도광판이며, 패턴 설계가 용이하고 휘도분포도 설계목표대로 정밀하게 제어될 수 있음을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구자들의 선행연구⁽⁶⁾ 결과에 따르면 도광판의 두께가 얇아질수록 산란패턴의 변화가 더 심하여지고 도광판의 광 방출 효율이 증가하는 반면, 도광판의 두께가 두꺼워지면 산란패턴의 변화가 적어지고 광 방출 효율이 감소한다. 그러나 도광판의 두께가 두꺼워지면 광원으로 부터 도광판 내부로 입사되는 광량이 증가하여 광 방출 효율이 감소함에도 불구하고 총광량은 증가하게 된다. 하지만, 한번에 여러개의 램프를 배치할 경우, 도광판의 두께가 증가함에도 불구하고 램프 간의 간섭에 의하여 오히려 입사광량이 두께 증가분만큼 증가하지 못하여 총광량이 감소한다. 예를 들어 두 개의 램프를 사용하는 경우, Fig. 3

의 일변이등 일차원 방식을 사용하면 Fig. 14(a)와 같이 두꺼운 도광판의 한변에 두 개의 램프를 배치하여야 한다. 그러나 두 개의 램프가 일변에 배치되면 램프 간의 간섭으로 광의 입사효율이 떨어져서 전체적인 평균 휘도값이 감소하게 된다. 따라서, 통상적으로 한변에 두 개의 램프를 설치하기보다는 Fig. 5의 이변이등 일차원 방식을 사용한다. 이러한 방식은 Fig. 14(b)에서 알 수 있는 바와 같이 램프 간의 간섭이 없고, 도광판의 두께가 얇아져서 전체적인 평균 휘도값이 증가하고 재료가 적게 사용되는 장점이 있다. 따라서, 현재 사용되고 있는 모니터용 LCD 백라이트는 모두 Fig. 5와 같은 이변이등 일차원 도광판으로 이루어져 있다.

더 많은 광량이 필요한 경우, 4개의 램프를 사용하는 모니터용 LCD도 있다. 이 경우에는 Fig. 15(a)와 같이 이변이등 일차원 도광판에 각 변에 2개의 램프를 배치한다. 그러나 이러한 경우, Fig. 14(a)에서의 문제점이 동일하게 반복된다. 각 변에 배치된 2개의 램프는 서로 간섭을 일으키고 도광판의 두께가 증가하는 문제점이 발생한다. 본 연구를 통하여 Fig. 15(b)와 같이 사변사등 이차원 도광판을 적용하면 Fig. 14(a)에 대한 Fig. 14(b)의 장점을 모두 가질 수 있다. 즉, 입사광들 간의 간섭이 없어져서 전체적인 평균 휘도값이 증가하며 도광판의 재료가 적게 사용된다.

대형 모니터나 TV용 LCD에 적용하기 위하여 램프를 6개 사용하는 경우에는 기존의 방식으로 Fig. 16(a)에서 보는 바와 같이 한변에 3개의 램프를 배치하여야 한다. 그러나 램프 간의 간섭과 두께 증가에 따른 손실을 감수하여야 한다. 본 연구의 성과를 적용하면 Fig. 16(b)와 같이 램프 간의 간섭을 줄이고 도광판의 두께를 줄일 수 있다.

중소형 LCD 백라이트의 경우에는, 본 연구의 성과를 더 유리하게 활용할 수도 있다. Fig. 17과

같이 램프의 개수를 증가시키지 않고 도광판의 입사광량을 증가시킬 수 있다. L자형 램프나 C자형 램프, 혹은 U자형 램프를 사용하여 램프의 개수를 증가시키지 않고 램프의 길이를 증가시켜 입사광량을 늘릴 수 있다. 램프의 개수를 줄이면 공정상의 단순화에 따른 잇점 이외에도 램프를 점등하기 위한 인버터의 개수도 줄게 되어 생산성이 향상될 뿐만 아니라 비용절감의 효과를 기대할 수 있다.

후 기

이 논문은 2001학년도 영남대학교 학술연구조성비지원에 의한 것임

참고문헌

- (1) Kim Cha-Youn, 2001, "Technical Trends of Back Light Unit(BLU)" *Korean Information Display Society*, Vol. 2 No. 1, pp. 45~51.
- (2) Choi Dong-Hun, Oh Sang-Joon, 2001, "Technical Trends of LCD part material," *Korean Information Display Society*, Vol. 2 No. 6, pp. 9~21.
- (3) Drexler, K. Eric, 1992, *Nanosystem*, John Wiley & Sons Inc.
- (4) Benedict, Gary F., 1987, *Nontraditional Manufacturing Processes*, Marcel Dekker Inc.
- (5) SahJong-Youb and Park Jong-Ryul, 2003, "Pattern Design of LCD Backlight LGP," *J. of the Institute of Industrial Technology, Yeungnam Univ.*, Vol. 31, No. 1, pp. 15~22.
- (6) Sah Jong-Youb and Park Jong-Ryul, 2004, "Analysis on Optical Characteristics of LCD Backlight LGP," *Journal of KSME(A)*, Vol. 28, No. 4, pp. 362~369.