

광파이버 일루미네이터의 2층구조형 LED 집광판 설계

김완호*·박준석**·여인선*

*전남대학교·HECS·POTRI,**금동조명(주) 기술연구소,

Design of a Light Collector with Two-story LED Mounting Holder for a Fiber-optic Illuminator

Wan-Ho Kim*·Jun-Seok Park**·In-Seon Yeo***

*Chonnam National University·HECS·POTRI,**Kumdong Lighting Co., Ltd. Institute of technology.

Abstract - This paper proposes a new structure of a fiber-optic illuminator using high lux RGB LEDs. A simulation program, LightTools, is used for the verification of the model. An LED mounting holder containing 74 RGB LEDs is used as a basic part of its light collector. Since the light output level of current LED lamps is still far below that of conventional lamps, it is required to double the light output in order to replace a conventional illuminator with a halogen lamp. An additional cone-type reflector is installed hemispherically and the resulting structure comprises a basic collector unit. To further increase the output two collector units are connected together in series. As the result, the light output increases nearly 70% with compared to a collector with a basic structure. The system efficiency can be increased more than 8 times with compared to conventional one.

1. 서 론

고휘도 청색 LED가 개발되고 녹색과 적색 고휘도 LED의 휘도가 빠르게 개선되면서, 고휘도 LED를 이용한 응용제품에 대한 연구와 제품화가 이루어지고 있다. 특히 고휘도 RGB LED의 조합을 통한 다양한 조명제품에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 광파이버일루미네이터의 광원으로 고휘도 LED의 사용을 시도하고 있다. 기존 할로겐램프를 광원으로 사용하는 광파이버일루미네이터에 고휘도 LED램프를 사용함으로써 반도체 소자가 가지고 있는 고휘도 LED의 장점을 이용할 수 있다. 고휘도 LED는 일반광원과 달리 LED램프는 열이 거의 없고 10만 시간 이상의 장수명이며, 50mW급으로 전력소비량이 적다는 장점을 갖고 있어 특수 용도의 광원으로 사용되고 있다.⁽¹⁾

본 논문에서는 할로겐램프를 광원으로 사용한 광파이버일루미네이터의 집광효율이 좋지 못한 점을 개선하기 위해서 낮은 소비전력과 장수명, 순시점등, 열발생이 미약하다는 등의 장점을 가지고 있는 고휘도 RGB LED 광원을 이용한 집광판 설계와 2층구조의 집광판 구조에 Lens를 설계하여 50W급 할로겐램프를 대체하기 위한 집광구조에 관하여 연구하였다. 제안된 집광판과 Lens 설계는 광학설계프로그램인 LightTools를 이용하여 시뮬레이션 하였으며, 이를 바탕으로 50W 할로겐을 대체하기 위한 집광부의 새로운 2층구조를 제안하고, 광학설계프로그램인 LightTools를 이용하여 검증하였다.

2. 본 론

2.1 기존 광파이버조명시스템

그림 1은 기존 광파이버조명시스템의 구성으로 크게 3부분으로 나눌 수 있는데 광원부는 광원과 칼라필터로 되어 있고 전송부는 광원부의 칼라광을 받아서 조명용광파이버를 통해

전송하도록 되어 있으며 조사부는 렌즈나 프리즘 각광패널을 통해서 조사하도록 구성되어 있다.

기존 광파이버조명시스템은 효율이 낮은 할로겐램프를 사용함으로 인하여 낮은 집광효율, 내부 고열발생, 높은 소비전력, 짧은 램프수명 등의 단점을 갖고 있다.

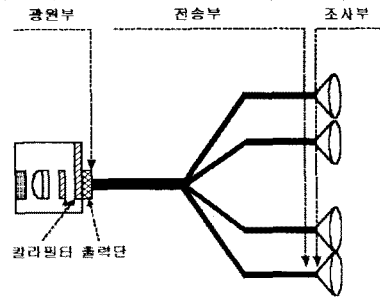


그림 1. 기존광파이버조명시스템 구성도

기존 광파이버조명시스템의 단점은 광원부의 광원을 할로겐 램프를 사용하고, 컬러 필터를 사용하므로 20%이상의 광출력의 손실을 가져온다.

2.2.2 LED용 광파이버조명시스템의 구성

그림 2와 같이 LED용 광파이버조명시스템으로 구성은 RGB LED 광원부와 RGB Mode 제어부, 구동 회로부로 구성되어 있다. 제안된 시스템은 기존 시스템에 비해 높은 집광효율과 미약한 열발생, 낮은 소비전력, 높은 램프수명 등의 장점을 가지며, RGB LED를 사용하므로 컬러필터를 사용하지 않고 광색가변이 가능하다. 그러나 Intensity가 기존의 할로겐 광원을 사용한 시스템보다 백색광의 출력이 떨어진다.

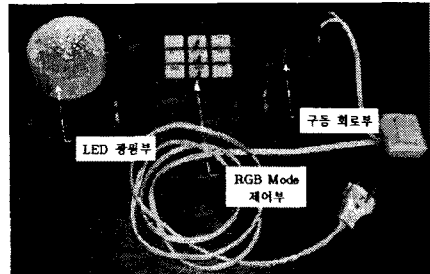


그림 2. LED 광파이버 조명시스템 구성

광출력을 향상시키기 위하여 기본 집광홀더를 설계하고, Cone 형의 반사판을 이용한 2층구조 집광판을 설계하였다.

2.2 LED 광원설계

시뮬레이션하기 위해서 무엇보다 중요한 것은 신뢰할 수 있는 기준광원의 설정이다. 그림 3는 기준광원의 설정된 지름이

5(ϕ)이며 발광각이 15°인 고휘도 LED Specs에 근거하여 외장의 크기, 형태뿐만 아니라 배광특성, 조도분포를 고려하여 실제 LED광원과 가깝게 시뮬레이션 상의 기준광원을 설정하였다. 그림 2는 사용된 LED와 기준광원과의 각도에 따른 Normalized intensity를 서로 비교하여 나타내고 있다.

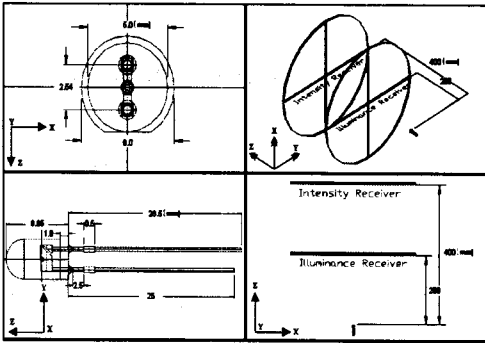


그림 3. 기준광원의 구조

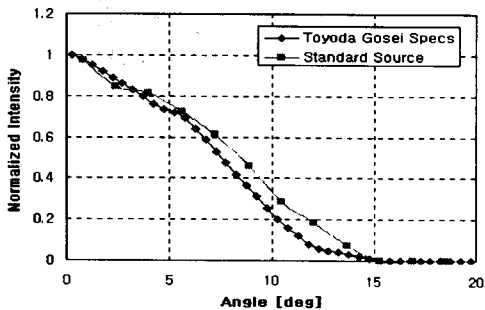


그림 4. LED와 기준광원의 Intensity 비교

LED의 오차 범위가 $\pm 15\%$ 인 점을 감안 할 때 기준광원과의 검출값이 거의 일치하고 있음을 알 수 있다. 기준광원의 설정을 통해 위치별, 각도별, 간격별 광학특성을 분석하여 집광판 설계의 기초자료로 사용하였다.^[2]

2.3 광원부의 집광판 설계

기존 광파이버조명시스템의 광원부는 광원에서 발광되는 광을 집광하는 구조로 되어 있지 않고 칼라 변환 필터를 투과한 광이 출력되기 때문에 광효율이 낮다. 그래서 본 논문에서 RGB LED를 이용한 경우에 출력광의 효율을 향상하기 위해서 광학설계프로그램을 이용한 집광판을 설계가 중요한 문제이다.^{[3][4]}

2.3.1 기본 집광홀더의 설계

84(mm)×30(mm)의 집광홀더를 설계하여 그림 5와 같이 LED를 배치하였으며 LED가 어디에 위치하더라도 3(mm)거리에서 위치한 Receiver 2250에 모두 집광 되도록 하였다.

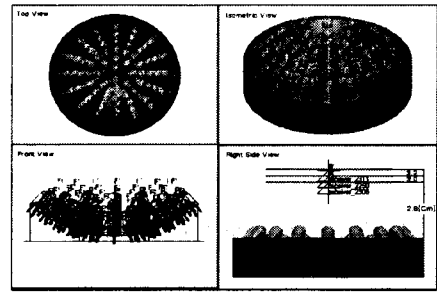


그림 5. 집광홀더의 구조

Image 분석을 통해 균제도가 균일하게 분포하는 LED를 선정하였으며, Red 30개, Green 19개, Blue 25개로 총 74개의 LED를 사용하였다. 집광점 거리는 3(Cm)로 LED의 좌표가 어느 곳에 위치하여도 LED가 위치한 축의 수직선의 3(Cm) 위에 맺히는 상의 면적이 2(ϕ)를 나타내게 하였다. 그림 6은 LED와의 거리가 3.0(Cm)인 Receiver(a)와 LED와의 거리가 3.2(Cm)인 Receiver(b)를 비교하면 검출된 조도값이 Receiver(b)가 Receiver(a)보다 조도값이 낮고 원점을 중심으로 직경 ± 1 (Cm) 내에서 나타나는 값이 균일하지 못한 점을 알 수 있다. 이렇게 균일하지 못한 결과는 Red, Green, Blue색이 혼합된 백색광을 얻지 못하는 결과를 나타낸다. 그림 9에서와 같이 Receiver (b)는 혼합광을 얻을 수 없어 적합한 집광 거리가 아님을 알 수 있다. RGB LED의 혼합광을 얻으면서 최대의 집광효율을 얻을 수 있는 최적 거리가 집광거리 점인 3(Cm)임을 시뮬레이션을 통해 확인하였다.

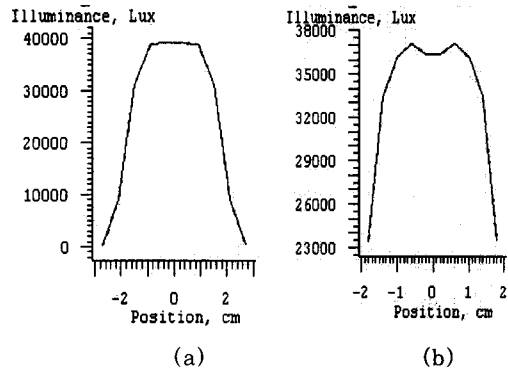


그림 6. 출력단의 조도분포 비교

2.3.2 반사판 설계

집광판을 이용한 집광효율은 기존의 할로젠 램프의 비교하였을 경우 조도값이 떨어진다. 집광판에 반사판을 설계하고, 이를 2층구조로 하여 집광효율을 향상시키기 위해 Light Tools을 이용하여 시뮬레이션하여 검증하였다. 집광판을 사용하였을 경우 38,600(lx)의 조도값을 나타내었다. 그림 7은 Cone형 반사판(a)과 파라볼라형의 반사판(b)의 구조이다.

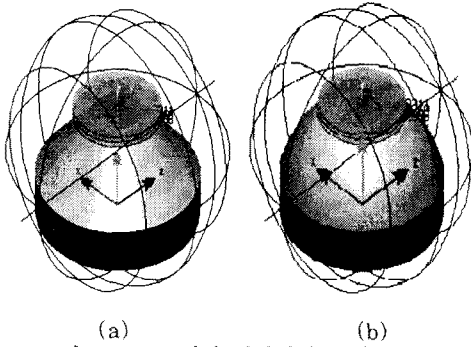


그림 7. Cone형과 파라볼라 반사판 구조

집광효율을 향상시키기 위해 반사판을 Cone형과 파라볼라형 두가지의 반사판을 시뮬레이션 하였다. Cone형의 조도값은 44,700[lx]이고, 파라볼라형은 38,900[lx]로 Cone형의 집광효율이 파라볼라형 보다 5000[lx]이상 높게 나타났다. 그림 8.은 Cone형 반사판을 사용하여 조도값을 측정한 결과이다. 집광효율이 집광판만을 사용하였을 경우보다 10%향상하였으며, 출력단에 균일한 배광이 분포함을 알수 있었다.

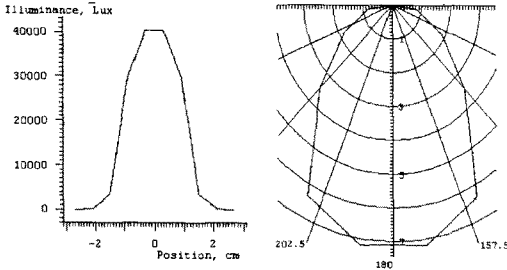


그림 8. Cone형 반사판의 조도분포와 배광분포

2.3.3 2층구조 집광홀더 제안

집광효율을 향상시키기 위해 Cone형 반사판을 사용한 집광부를 2층구조로 설계하였다. 그림 9는 2층구조의 광원부로서 LightTools를 이용하여 설계하여, 집광효율을 시뮬레이션 하였다.

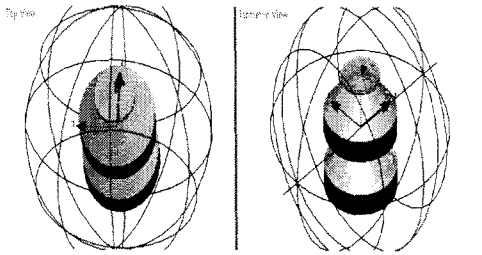


그림 9. 2층구조의 집광판 구조

그림 10은 2층구조의 집광판의 구조의 조도분포와 배광분포이다. 집광효율이 집광판만을 사용하였을 경우보다 30%의 조도값이 상승하였다. 출력단의 조도값과 배광분포로서 출력단 2[ϕ]내에 균일한 조도 분포를 나타내고 있다.

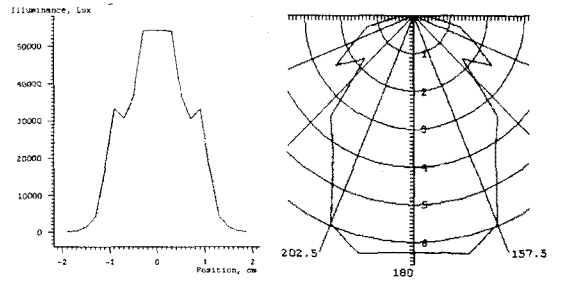


그림 10. 2층구조의 조도분포와 배광분포

2.4 시뮬레이션 결과 및 고찰

기존 광파이버일루미네이터와 LED용 광파이버일루미네이터의 출력단에 조도계(YOKOGAWA 510 02)를 설치하여 측정된 값으로 RGB 출력광은 칼라 필터를 통과하여 출력된 값을 측정하였다. 표 1은 제안된 집광판의 구조에 따른 조도값을 비교하였으며, 2층구조를 사용하므로 집광효율이 향상됨을 알 수 있었다. 2층구조의 집광판의 경우 집광판만을 사용한 경우 보다 약 70%의 집광효율이 향상됨을 알 수 있었다.

표 1. 집광판의 구조에 따른 조도값

	1층 구조 집광판 경우	Cone 반사판 구조	2층 구조 집광판 경우
조도값	38,600[lx]	44,700[lx]	56,000[lx]

출력단의 스펙트럼을 스펙트럼 분석기(Princeton Instrument, Model ST-121)를 사용하여 분석하였다.

출력단에 나타난 광색 측정은 색채휘도계(CS-100)를 사용하여 CIE 색좌표를 측정하였다. 기존 시스템의 광원부 출력단에 설치하여 측정된 값으로 CIE 1931 색좌표 상에 $x=0.410$, $y=0.440$ 을 나타냈으며, RGB LED를 이용한 출력단의 색좌표는 $x=0.291$, $y=0.300$ 로 색온도 6000K에 근접한 백색광을 얻었다.

3. 결 론

본 연구에서는 할로겐램프를 광원으로 사용한 광파이버일루미네이터의 집광효율이 좋지 못한 점을 개선하기 위해서 낮은 소비전력과 장수명, 순시점등, 열발생이 미약하다는 등의 장점을 가지고 있는 고휘도 RGB LED 광원을 이용 방법을 고려했다. 제안된 설계방식은 광학설계에 앞서 고휘도 RGB LED의 최적 배치에 대한 기본적인 형태별, 각도별, 간격별 기본 배치에 대한 시뮬레이션을 통하여 집광효율 향상을 위한 집광판 설계하고 집광효율을 향상시키기 위해 반사판을 설계하고 Lens를 통한 집광효율을 향상시키기 위한 광원부를 설계하였다. 설계시 목표점은 RGB LED의 혼합된 백색광을 얻음과 동시에 집광효율을 향상하는 것이다. 이와 같은 연구 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 고휘도 LED를 이용한 광파이버일루미네이터의 집광판 설계를 위하여 시뮬레이션을 실시하였다.
2. 설계된 집광판을 제작하여 집광점을 기준으로 측정된 결과와 시뮬레이션에서 얻은 조도값은 38,600[lx]과 실제 제작된 출력단의 조도값은 39,500[lx]으로 거의 일치하였다.
3. 집광효율을 향상시키기 위해 Cone형 반사판을 설계하였으며, 2층구조의 새로운 구조를 제안하였으며, 광학설계 프로그램인 LightTools를 사용하여 검증하였다.
4. RGB LED를 이용하여 CIE 1931 색좌표 상에서 $x=0.291$, $y=0.300$ 로 색온도 6000K에 근접한 백색광을 얻을 수 있었다.

향후 과제로 본 논문에서는 집광효율을 향상하여 백색광을 구현하였지만, 실제 제작하여 시뮬레이션 결과와 비교가 필요하며, 보다 개선된 집광홀더 방식과 소형화에 대한 연구가 필요하다. 또한, RGB LED를 이용하여 광색변함으로서 기존

의 필터 형식의 광색가변 광파이버시스템의 한정된 광색가변의 문제점 개선에 대한 연구가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 광주광역시 2000년도 광제품기술개발사업 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

[참 고 문 헌]

- [1] R.F. Karlicek, JR. M.G. Brown, I. Eliashevich, A. Gurary, M. Schurman, and R. Stall, "Mass Production of High Brightness Blue and Green LED 2000. 8.s by MOCVD," pp. 91-98, 1999.
- [2] 박준석, 김광현, 여인선, "LED 조명 광원의 광학적 배치 및 광색 제어에 관한 연구", 한국조명·전기설비학회 논문지, Vol. 15, No 2, pp. 7-12, 2001. 3.
- [3] Angel Garcia-Botella, "a new concentrator-collimator lighting system using LED technology," Journal of the illuminating engineering society, pp. 135-140.
- [4] Daniel M. Brown, Robert Dean, Jeremiah D. Brown, "LED backlight: design, fabrication, and testing," the international society for optical engineering(SPIE), vol 3938, pp. 2-12. 26-27.