

광색가변 및 색온도 제어용 100[W]급 투광기 개발

(Development of 100[W] LED Flood Lighting with Tunable Colors and Color Temperatures)

윤진식* · 김기훈 · 송상빈 · 임영철

(Jin-Sik Youn* · Gi-Hoon Kim · Sang-Bin Song · Young-Cheol Lim)

요 약

이 논문에서는 100[W]급 Discrete LED 투광기 조명 제품 개발에 관한 것으로, 3[W] RGBA LED를 이용하여 광색 및 색온도 제어가 가능하도록 광학/방열/회로/시스템 설계를 통한 시제품을 제작하였다. 그 결과, 색온도 2,000~10,000[K] 범위에서 흑체계적에 정확히 일치하면서 연색지수가 71~91까지 고연색성을 실현하였으며, 동작전압 90~250[Vac], 효율 87[%], 역률 93이상의 양호한 전기적 특성을 나타냈다. 또한 투광기의 협각/중각/광각 배광을 만족하기 위하여 LED 렌즈를 설계하였으며, 신뢰성 확보 및 주위온도에 따른 광출력 변화를 최소화할 수 있는 방열설계를 실시하였다.

Abstract

This papers is about 100[W] discrete LED floodlight lighting system, light color and color temperature to be controlled using the 3[W] RGBA LED, is developed the product with optical, heat dissipation, circuit, luminaire and system design. The result, color temperature is changed corresponding to black body locus from 2,000[K] to 10,000[K] and The Color Rendering Index(C.R.I) is achieved from 71 to 91 by high C.R.I. Driving voltage is 90~250[Vac], circuit efficiency is 87[%], P.F is more than 93. moreover the LED lens is designed to achieve narrow, middle, wide beam angle, heat dissipation design is excuted to minimize variation of luminous output by the surroundings temperature and to ensure reliability.

Key Words : LED Floodlight Lighting System, Optical, Heat Dissipation, Driving Circuit, Luminaire, Light Color, Color Temperature, Heat Dissipation, C.R.I

1. 서 론

고출력 LED는 단일파장으로서 Red, Green, Blue, Amber 등 다양한 광색의 LED를 각각 제어하여 다양한 광색 및 색온도를 창출할 수 있으나 현재 LED는 방열 및 신뢰성 문제 때문에 50[W]이하의 보조조명으로 주로 활용되고 있다. 그러나 LED는 광출

* 주저자 : 광주테크노파크 전략산업기획단
Tel : 062-602-7388, Fax : 062-602-7390
E-mail : jsyoun@gjtp.or.kr
접수일자 : 2008년 1월 4일
1차심사 : 2008년 1월 21일
심사완료 : 2008년 10월 22일

광색가변 및 색온도 제어용 100[W]급 투광기 개발

력의 용이함으로 인한 다양한 광색의 연출과 다양한 색온도의 표현이라는 장점이 있으므로 그 장점을 최대한 살릴 수 있는 건축물 외관 조명용인 100[W]급 이상의 투광기 조명제품에 적용되어야 할 필요가 있다.

따라서 본 논문에서는 100[W]급의 목표로 하는 색온도 및 광색을 정확히 실현할 수 있는 LED 투광기를 개발하는데 목적이 있다. 이를 실현하기 위하여 최소 발광면적 및 광색혼합을 위한 LED Array와 신뢰성 확보를 위한 방열 구조설계, 투광면적을 효율적으로 조절하기 위한 협각/중각 배광용 렌즈설계, 광색 및 색온도 조절을 위한 제어회로 설계, 고효율과 온도보상 실현을 위한 전원회로를 설계하였다[1].

또한 제작된 LED 투광기 시작품에 대한 전기적·광학적 특성을 측정하여, 그 성능을 검증하였다.

2. LED Array 및 구성

2.1 LED 선정 및 특성 측정

100[W]급 투광기를 제작하기 위하여 고효율 LED 1[W]를 사용할 경우에는 LED의 동작개수를 100개 정도 사용하여야 하므로 투광기의 크기는 약 L800×W350[mm]로 매우 커지게 된다. 따라서 광원 모듈의 면적을 최소화하기 위하여 3[W]인 L사의 LED를 사용하였다.

또한 통상 RGB LED를 사용하여 광색 및 색온도 제어를 실시하는데, 백색 구현 색온도 제어 시 연색지수 R9가 매우 낮아서 평균연색지수가 70이하로 매우 낮게 나타난다. 이것은 RGB LED를 사용할 경우에는 호박색을 나타내는 560~600[nm]의 파장에서 빛이 발생하지 않기 때문이다[2].

따라서 이 연구에서는 색온도 제어 시 연색성을 해결하기 위해서 580~590[nm] 피크파장을 갖고 있는 Amber LED를 추가하여 연색성을 개선하였다. 표 1은 LED 투광기 제품개발에 사용한 L사의 3[W] RGBA LED의 정격전류 700[ma] 공급시의 광학적, 전기적 특성을 나타내고 있다[3].

표 1. LED 투광기에 사용된 3[W] RGBA LED의 특성

Table 1. The properties of 3[W] RGBA LED is choo- -sen to LED floodlighting

광색	동작 전압 [V]	광속 [lm]	지향각 [°]	발광 효율 [lm/W]	색좌표	
					x	y
Red	4.08	62	142	22	0.703	0.297
Green	4.68	48	133	15	0.215	0.707
Blue	4.42	18	128	6	0.137	0.051
Amber	4.17	33	142	9	0.605	0.394

2.2 RGBA LED Array 구성

3[W] RGBA LED의 패키지 특성과 R, G, B 광색 혼합이론을 이용하여 LED 투광기 광원모듈의 요구 광속과 색온도를 만족시키기 위한 LED의 개수를 선정하였다. 광색 혼합이론에 의하면 R, G, B 혼합광과 삼자극치와의 관계는 식 (1)로 정의된다.

$$x_{total} = \frac{X_{total}}{X_{total} + Y_{total} + Z_{total}}$$

$$y_{total} = \frac{Y_{total}}{X_{total} + Y_{total} + Z_{total}} \quad (1)$$

여기에서

X_{total}, Y_{total} : 혼합광의 색좌표

$X_{total}, Y_{total}, Z_{total}$: 혼합광의 삼자극치

또한 혼합광의 삼자극치는 다음 식으로 계산되어 질 수 있다.

$$\begin{pmatrix} X_{total} \\ Y_{total} \\ Z_{total} \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} x_r & x_g & x_b \\ y_r & y_g & y_b \\ z_r & z_g & z_b \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \frac{Y_r}{Y_g} \\ \frac{Y_r}{Y_g} \\ \frac{Y_b}{Y_g} \end{pmatrix} \quad (2)$$

여기에서,

x_r, y_r, z_r : R의 색좌표

x_g, y_g, z_g : G의 색좌표
 x_b, y_b, z_b : B의 색좌표
 Y_r, Y_g, Y_b : R, G, B LED의 휘도

그리고 R, G, B LED의 혼합광에 대한 비율은 식 (3)으로부터 구할 수 있다.

$$n_r : n_g : n_b = \frac{Y_r}{Y_{1r}} : \frac{Y_g}{Y_{1g}} : \frac{Y_b}{Y_{1b}} \quad (3)$$

여기에서

$n_r : n_g : n_b$: RGB LED의 광색혼합 비율
 $Y_{1r} : Y_{1g} : Y_{1b}$: RGB LED 1개의 휘도계수 비

이와 같은 방법으로 선정된 LED의 동작개수는 총 58개이며, Red 11개, Green 22개, Blue 14개, Amber 11개이다.

그림 1은 RGBA LED 개수를 위와 같이 적용하고 Array하였을 때 RGBA LED의 Duty Ratio를 변화시켰을 경우의 색온도 변화를 나타내고 있다. 그러나 색온도에 따른 Duty Ratio를 보면 Red는 최대 59.1[%] 이하이고 Blue는 149.2[%] 이하로 효율적 측면에서 문제가 있다. 따라서 Red 동작 개수를 40[%]정도 축소시키고 Blue의 개수는 50[%]정도 증가시켜야 LED 동작전류에 대한 효율을 극대화시킬 수 있다. 따라서 RGBA LED 동작개수를 재선정해야만 한다. 따라서 Red LED는 8개로 축소하고 Amber는 10개로 축소하였으며, Blue는 18개로 증가시켜서 LED Array를 재구성하였다.

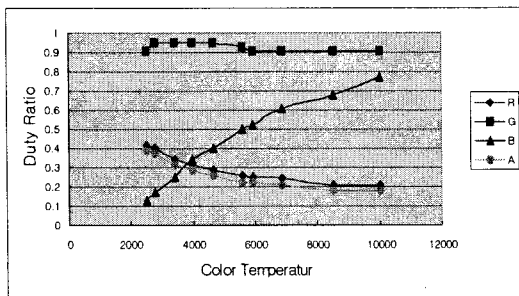


그림 1. RGBA LED 계산에 의한 Duty Ratio
 Fig. 1. Calculated the duty ratio of RGBA LED

3. 100[W]급 LED 구동회로 개발

3.1 전원회로 설계

경관 조명에 사용되는 100[W] LED 투광기용 전원 공급장치(SMPS)를 개발하기 위해서는 LED 구동 전압에 맞는 출력 전압 및 전류를 제어하고, 외부에서 발생하는 이상 동작 및 이상 전압·전류가 발생할 경우 전원회로를 보호할 수 있는 보호회로가 구성되어야 한다. 또한 에너지 효율을 위하여 100[W] 이상의 전원 공급장치(SMPS)에 높은 역할을 구현하고자 Two Stage 방식을 적용하고, DC-DC 부분은 제품의 양산시 가격과 전원회로의 크기를 작게 하기 위하여 Flyback 방식을 이용하여 설계하였다.

100[W] 구동회로는 그림 2의 Block Diagram에서 볼 수 있듯이 앞단에는 역률 보상회로 부분으로 구성되어 있다. 이것은 Voltage mode로 회로를 제어하여 과전압과 과전류에 대하여 PFC 구동부분을 보호할 수 있도록 하고 안정적으로 일정한 전압을 DC-DC 구동부(Two-Stage)에 전달할 수 있도록 하기 위함이다. DC-DC 구동부는 PWM 제어를 통한 Current mode 방식을 채용하여 일정한 출력을 발생하도록 설계하였고, 과전압과 과전류, 온도보상회로가 포함되어 전원회로 및 LED 모듈을 보호할 수 있도록 설계하였다.

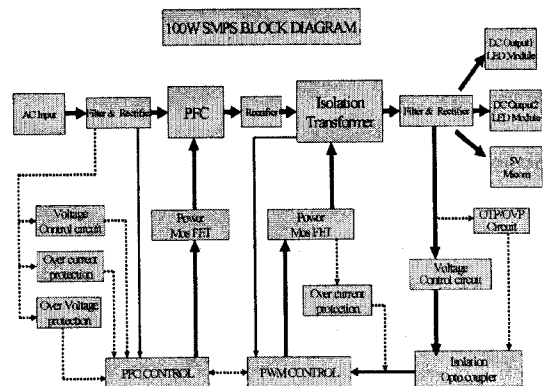


그림 2. 100(W) 전원회로 Block Diagram
 Fig. 2. The block diagram of 100(W) driving circuit

3.2 제어회로 설계

제어회로의 설계목적은 DMX 512 신호 체계를 이용하여 RGBA LED의 색온도를 조정 하는데 목적이 있다. DMX 512 신호체계란 Digital Multiplexer에 의한 신호를 의미하며, 광원과 관련된 장비와 함께 사용되는 가장 공통적인 국제표준규격이다. LED 투광기의 색온도를 제어하기 위한 제어회로는 SMPS로부터 24[V]의 전원을 DC CONVERTER 1, 2가 각각 5[V]와 12[V]로 전원을 변환시켜 PWM DRIVER와 MCU에 전원을 인가해 준다.

MCU에서는 외부 컨트롤러로부터 DATA를 받으면 그 DATA를 PWM DRIVER로 보낸다. PWM DRIVER는 MCU의 신호를 받아서 전압, 전류를 증폭해주고 이를 S/W DECVICE로 보내 LED의 색온도 및 광색 가변을 컨트롤한다. 그림 3은 LED 투광기의 색온도 및 광색가변을 위한 Block Diagram을 나타내고 있다.

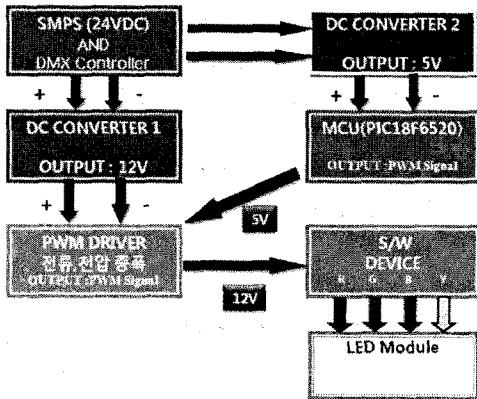


그림 3. 색온도/광색가변 제어회로 Block Diagram
Fig. 3. The Control circuit block diagram of color temperature/light color change

4. 렌즈 및 방열 설계

4.1 협각 렌즈 설계

투광기에 사용되는 3개의 렌즈군은 협각용, 중각용, 광각용으로 구분되며, 이 연구에서는 협각과 중각용 LED 렌즈를 설계하였다.

렌즈 초기 설계는 전반사 면을 기준으로 목표 배광에 맞도록 LightTools 프로그램을 사용하여 설계하였다. 협각용 렌즈의 목표배광은 최대광도와 최대광도의 1/10이 이루는 각도가 15[°]가 되도록 하였다. 그림 4에 설계된 협각용 렌즈를 나타내었고 그림 5에 시뮬레이션 결과를 나타내었다.

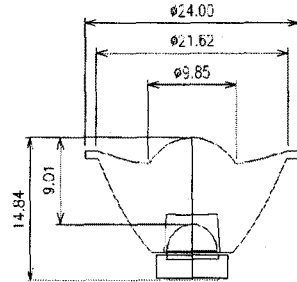


그림 4. 협각용 렌즈 레이아웃
Fig. 4. The lay out of lens for narrow beam angle

설계된 렌즈를 이용하여 투광기에 적용할 경우 배광분포를 LightTools를 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 그 결과, 투광기 1[m] 전면에 발산각 15도인 detector를 가정하여 광량 및 광도분포를 계산하기 위하여 각 LED의 광량을 1[lm]을 가정하여 각 파장별 ray의 분포를 추적하였다. 그 결과, 조사면에서의 광속은 입사광속의 90[%]가 15도내에 집광됨을 알 수 있다[4].

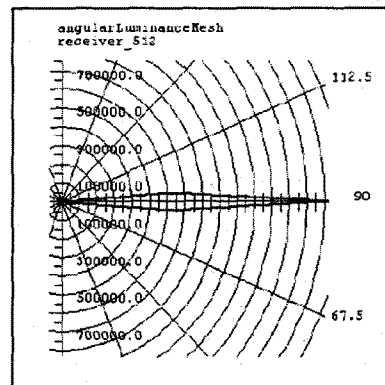


그림 5. 협각용 렌즈의 상대적 배광분포 시뮬레이션 결과
Fig. 5. The simulation result of relative luminous intensity distribution of lens for narrow beam angle

4.2 중각 렌즈 설계

중각용 렌즈는 협각 렌즈의 첫 번째 면인 LED로부터의 파워를 감소시키기 위하여 오목면으로 변경한 후, 전면의 굴곡면의 파워를 감소하게 하여 중심부에서 떨어진 주변부의 곡률을 작게 하였다. 그리하여 목표배광인 최대광도와 최대광도의 1/10이 이루어는 각도가 30[°]가 되도록 하였다. 그림 6은 중각용 렌즈의 도면을 나타내고 있다.

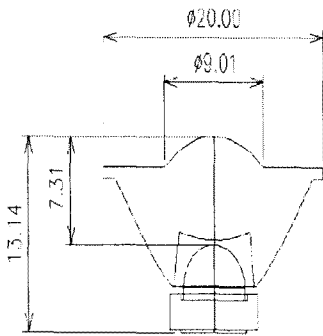


그림 6. 중각용 렌즈 레이아웃
Fig. 6. The lay out of lens for middle beam angle

설계된 렌즈를 이용하여 투광기에 적용할 경우 배광분포를 계산하기 위하여 시뮬레이션을 수행하였으며, 협각용 렌즈의 경우와 같은 방법으로 RGBY

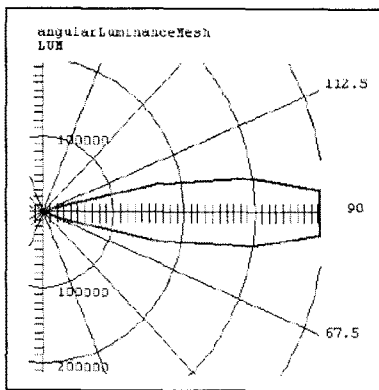


그림 7. 중각용 렌즈의 상대적 배광분포 시뮬레이션 결과
Fig. 7. The simulation result of relative luminous intensity distribution of lens for middle beam angle

각 광원으로 출사한 광선의 위치를 추적하여 광량 및 광도의 분포를 계산하였다. 그림 7의 중각용 렌즈의 상대적 배광분포의 시뮬레이션 결과를 보면 조사면에서의 광량은 입사광속의 93[%]가 발산각 30도 내에 집광되는 것을 알 수 있다.

4.3 방열 구조 설계

투광기는 주로 옥외용으로 사용되므로 실내에서 사용되는 일반조명 제품의 방열 및 기구 설계와는 다소 다른 제한 요소가 있다. 즉 빗물 혹은 습도로부터 안정적인 제품을 구성하여야 하며, 대형 제품으로서 무게를 최소화하고 fan을 사용할 수 없는 방열 구조를 필요로 한다. 따라서 기본적인 방열 설계는 LED가 설치된 메탈 PCB와 heat sink를 사용하여 그 구조를 설계하였다.

투광기의 방열판의 설계는 LED가 설치된 메탈 PCB에 부착될 heat sink의 head와 방열판의 핀의 구조 및 개수를 선정하는 것이다. 방열판의 물질은 가공성과 열전도성을 고려하여 열전도도(thermal conductivity) k 는 $171[W/m^{\circ}K]$, 비열(specific heat) $C_p=798[J/kg/^{\circ}K]$ 인 aluminum 6061계열을 사용하였다.

기본모델은 LED가 위치한 메탈 PCB와 heat sink의 head가 겹쳐져 전도에 의한 열전달이 이루어지며 대류면을 최대화 하는 조건에서 시제품 제작이 용이

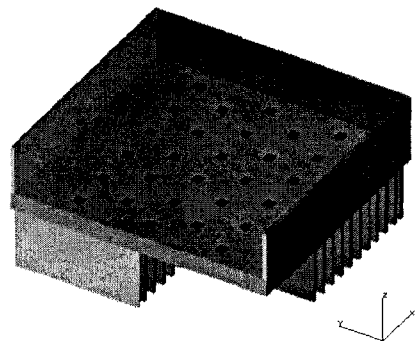


그림 8. 방열구조와 투광기 모델
Fig. 8. The heat dissipation structure and flood-lighting model

광색가변 및 색온도 제어용 100[W급 투광기 개발

한 구조로 하였다. 방열핀의 배열은 가로방향 2[mm]의 두께로 10개의 핀으로 구성되어 있으며 핀의 길이는 head 포함 40[mm]이다. 방열 해석은 LED가 배열된 위치에서 전달된 열이 방열 시스템 즉, heat sink와 연동된 외부구조에 의하여 전달되는 양을 해석하기 위한 글로벌 모델링을 수행하였다. 모델링을 통한 방열설계는 최대 온도변화를 기준으로 하였다. 투광기의 열전달을 해석하기 위하여 1/2 symmetric 모델의 유한요소 시뮬레이션 모델을 3D solid element를 사용하여 행하였다. 그림 8에 방열구조와 투광기 모델을 나타낸다.

그림 9는 외부온도 20[°C]에서의 시뮬레이션 결과를 나타내고 있다. 외부온도 20[°C]에서의 최대 온도는 약 94[°C]정도가 됨을 알 수 있다. 시뮬레이션 결과 최대의 온도차이(temperature gradient)는 약 7[°C]정도가 생김을 알 수 있으며, 투광기 지지를 위한 중간 구조물 부분의 온도를 전파하기 위한 장치가 필요함을 알 수 있다.

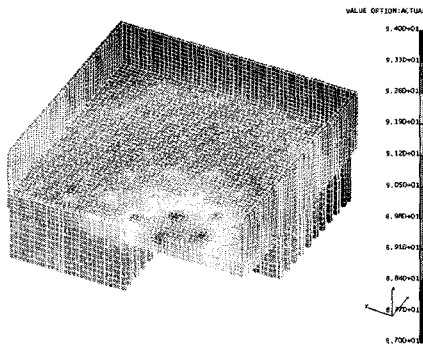


그림 9. 투광기 방열구조의 열분포(주위온도=20[°C], h=5(W/m²K), Max. T=94[°C])

Fig. 9. Temperature distribution of floodlighting (ambient temperature=20[°C], h=5(W/m²K), Max. T=94[°C])

5. 실험결과 및 고찰

5.1 시제품 제작

LED 투광기의 시제품 제작을 위해서 광학/방열/회로/제어시스템의 설계 결과인 렌즈, LED 광원모듈, 외함, 구동회로, 제어회로, 히트싱크와 같은 각

부품들에 대한 시제품을 제작하였다. 그림 10은 이러한 각 부품을 조립한 LED 투광기 시제품을 나타내고 있다

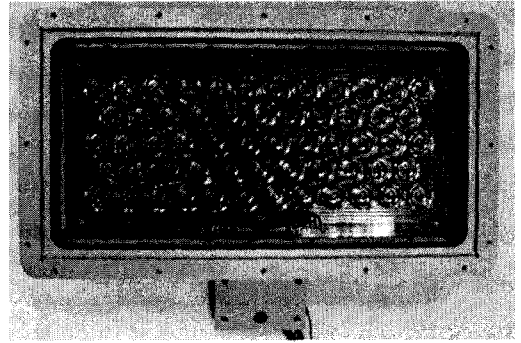


그림 10. 제작된 100[W] LED 투광기 시제품
Fig. 10. 100[W] LED floodlighting is developed

5.2 전기적 특성

100[W] 전원으로 시제품의 입력 전압 사양은 90~264[Vac], 50/60[Hz]에서 동작되며 최대 입력전류는 Max 1.5[A]이다. 출력 전압은 25[Vdc], 3.75[A], Peak 12[A]의 출력을 특성을 가지고 있다. 그리고 전체 입력범위에서 86[%] 이상의 효율을 나타내고 있으며, PFC는 90[Vac] 0.99를 나타내며 전체 입력 범위에서는 0.9이상으로 매우 우수한 특성을 가지고 있다. 또한 각 전압에 대한 THD는 220[Vac] 50[Hz]에서 24.20[%]로 나타났으며, 입력에 대해 약 30[%]

표 2. LED 투광기 시제품의 전기적 특성 측정결과
Table 2. The measurement result of electrical properties for the product of LED floodlighting

Vin [Vac]	Iout [A]	Pout [W]	Pinput [W]	Effi [%]	PFC
90(60[Hz])	3.75	91.01	105.4	86.35	0.99
110(60[Hz])	3.75	91.01	104.12	87.41	0.99
132(60[Hz])	3.75	91.01	103.28	88.12	0.99
180(50[Hz])	3.75	91.01	104.78	86.86	0.97
230(50[Hz])	3.75	91.01	104.32	87.24	0.93
264(50[Hz])	3.75	91.01	104.01	87.50	0.9

이내의 양호한 특성을 나타내고 있다.

표 2는 이러한 LED 투광기 시제품의 전기적 특성을 나타내고 있다.

5.3 온도 보상 특성

LED 투광기는 주로 실외용으로 사용하기 때문에 주위온도 변화가 크게 나타나므로 주위온도에 따른 LED Array의 광출력 감소를 보상해야 한다.

본 연구에서 사용된 3[W] LED의 신뢰성 확보를 위하여 최적 방열설계에 의해서 외부온도가 20[°C] 일 때 LED 최대 온도를 100[°C] 이내로 설계하여 LED 투광기의 온도 변화에 따른 광출력 특성을 안정화시켰다. 또한 전원회로에서도 LED 초기 시동시와 정상동작 시 LED 동작 온도의 변화에 따른 임피던스 변화에 안정적으로 광출력을 나타내기 위하여, 25[VDC] 정전압 구동 방식을 채택하고 각각의 RGBA LED Array String의 LED 동작개수를 적절히 구성하여 온도보상을 실시하였다.

그림 11은 주위온도에 따른 LED 투광기 시제품(색온도 6,000[K])의 광출력 변화를 나타내고 있으며, 주위온도 -30~70[°C] 변화에 대해 25[°C] 광도값의 기준으로 -5.28~ 12.27[%]로 매우 양호한 특성을 나타내고 있다.

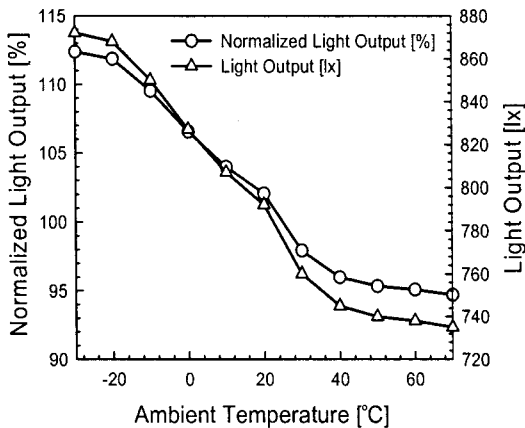


그림 11. 주위온도에 따른 광출력 변화
Fig. 11. The variation of the luminous output by ambient temperature

5.4 광학적 특성

5.4.1 색온도 제어 및 연색성

제작된 LED 투광기의 색온도 변화에 대한 광학적 특성을 분석한 결과 표 3에서와 같이 연색지수(C.R.I)가 색온도 2,500~10,000[K]까지 최소 71~91까지 변화함으로써 고연색성을 실현하였다. 이는 RGB LED에 Amber LED를 추가함으로써 가시광선 영역의 모든 파장에서 발광하고 있음을 알 수 있다.

또한 LED 투광기의 RGBA LED를 정확한 색온도 알고리즘에 의해 제어할 경우, 표 3의 색좌표값의 변화가 CIE 색좌표상 흑체궤적과 정확히 일치하는 것을 알 수 있다.

표 3. LED 투광기의 색온도 측정결과
Table 3. The measurement result of the color temperature for LED floodlighting

Meas. C.T	x	y	Ra
2,519	0.4756	0.415	71
2,755	0.4584	0.4135	
2,998	0.4372	0.4058	
3,525	0.4057	0.3963	89
3,983	0.3833	0.3864	
4,471	0.3628	0.3718	91
4,975	0.3464	0.3596	
5,466	0.333	0.3432	89
5,995	0.3221	0.3287	
6,926	0.3066	0.3211	
8,542	0.2894	0.3023	
10,020	0.2824	0.2842	78
19,980	0.2502	0.2641	

5.4.2 LED 투광기의 배광성능

협각렌즈를 채용한 100[W] LED 투광기를 한국광기술원에 있는 Goniometer를 이용하여 측정된 결과, 그림 12와 같이 중심광도는 60,000[cd]를 나타내어 높은 광도를 나타내었다. 또한 협각렌즈에 의한 LED 투광기 시제품의 빔각은 약 15[°]를 나타내어

광색가변 및 색온도 제어용 100[W]급 투광기 개발

만족하고, 광학설계 시뮬레이션과 일치됨을 알 수 있다. 또한 중간렌즈를 채용한 경우에도 시제품의 빔각이 약 30[°]를 나타내어 만족하였다.

그리고 광각 투광기의 빔각은 70~150[°]로 매우 넓은 배광이다. 따라서 사용된 R, G, B, A LED 패키지의 비임각이 표 1에서 보는 바와 같이 약 128~142[°]이므로 특별한 렌즈를 채용하지 않고 LED package의 배열과 LED 자체의 배광특성만으로 만족시킬 수 있다.

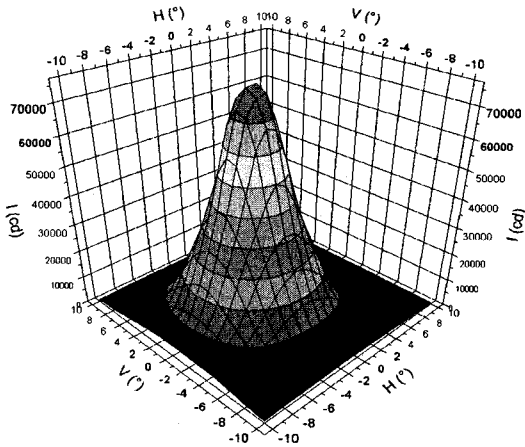


그림 12. 첨각렌즈를 채용한 LED투광기의 배광곡선
Fig. 12. The luminous intensity distribution curve of LED floodlighting when lens for narrow beam angle is applied.

5.4.3 LED 투광기의 광색혼합특성 및 거리

개발된 LED 투광기는 RGBA 4가지 광색을 나타내는 LED를 사용하기 때문에, 이에 대한 광색 혼합 특성이 매우 중요하다. 특히 백색의 경우, 색온도의 변화가 500이상 변화하면 사람의 눈에 광색 분리가 감지되어 문제가 발생된다.

암실에서 LED 투광기와 피조면과의 거리를 1[m]로 하고 KONICA MINOLTA CL-200을 이용하여 색온도와 색도좌면 값 9 Point를 측정하였다. 1[m]거리에서의 피조면 측정점의 위치는 그림 13과 같다. 표 4는 피조면의 각 9 Point에 대한 색온도와 색도좌표값을 나타내고 있으며, 색온도의 편차는 300[K]이 내이고, 색도좌표 x, y값의 편차가 0.005이내로 매우 양호한 특성을 나타내고 있다.

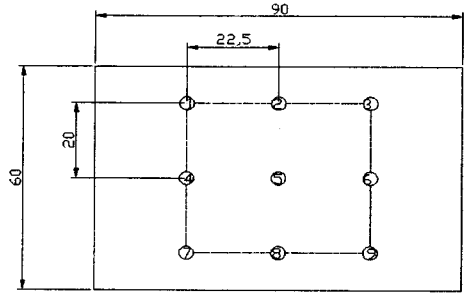


그림 12. 피조면 9개 측정점의 위치
Fig. 12. The position of 9 EA measurement point for illuminated surface

표 4. 피조면 9개 측정점의 색온도 및 색도좌표
Table 4. The color temperature and color coordinate of 9 EA measurement point for illuminated surface

point	C.C.T[K]	x	y
1	6,157	0.317	0.362
2	6,147	0.317	0.362
3	6,080	0.319	0.363
4	6,253	0.315	0.359
5	6,280	0.314	0.359
6	6,170	0.316	0.361
7	6,270	0.314	0.359
8	6,315	0.314	0.539
9	6,201	0.316	0.360

6. 결 론

이 연구는 100[W]급 Discrete LED 투광기 조명 제품 개발에 관한 것으로, 3[W] RGBA LED를 이용하여 LED Array를 구성하고 이러한 LED Array를 이용하여 광색 및 색온도 제어가 가능하도록 광학/방열/회로/시스템 설계를 통한 LED 투광기를 제작하였다. 그 결과, 100[W]급 투광기의 색온도 변화는 2,000~10,000[K] 범위에서 흑체궤적과 정확히 일치하며 변화하며, 연색지수는 색온도 us화에 따라서 71~91까지 변화하는 고연색성을 실현하였다. 또한

동작전압은 90~250[Vac]에서 구동되도록 하였으며, 회로효율 87[%], 역률 93이상의 우수한 전기적 특성을 달성하였다. 뿐만 아니라 투광기의 광학적 성능은 협각/중각/광각 배광을 달성하기 위하여 LED 렌즈를 설계하였으며, 신뢰성 확보 및 주위온도에 따른 광출력 변화를 최소화할 수 있는 방열설계를 하였다. 향후, 본 연구에서 개발된 기술은 고연색성의 색온도 제어를 적용한 200[W]급 이상의 LED 조명 제품을 개발하는 데에 많은 도움이 될 것이다.

References

- [1] Ingo Speier and Marc Salsbury, "Color Temperature Tunable White Light LED System," Sixth International Conference on Solid State Lighting, proceeding of SPIE, Vol. 4445, 2006.
- [2] Philips Lighting, "Color Rendering Properties of LED Light Source," Proceedings of SPIE, 2002.
- [3] Lumileds, Power Light Source LUXEON K2, Technical Datasheet DS51.
- [4] Nadarajah Narendran and Lei Deng, "Color tunable LED spot lighting," Proceedings of SPIE, 2007.

◇ 저자소개 ◇

윤진식 (尹鎭植)

1968년 3월 29일생. 2004년 8월 전남대학교 산업대학원 전기공학과 석사 졸업. 2007년 2월 전남대학교 일반대학원 전기공학과 박사 수료. 현재 광주테크노파크 전략산업기획단 책임연구원.

김기훈 (金紀勳)

1970년 4월 24일생. 2006년 8월 강원대학교 일반대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 한국광기술원 연구사업부 반도체조명팀 선임연구원.

송상빈 (宋相彬)

1969년 10월 1일생. 2006년 8월 전남대학교 공과대학 전기공학과 졸업(박사). 현재 한국광기술원 연구사업부 반도체조명팀 선임연구원.

임영철 (任永徹)

1975년 2월 전남대학교 전기공학과 졸업. 1977년 2월 고려대학교 전기공학과 졸업(석사). 1990년 2월 고려대학교 전기공학과 졸업(박사). 현재 전남대학교 전기공학과 교수.