

의료용 무영 촬영을 위한 링라이트 개발

천민우¹, 조경재², 박용필^{1,a}

¹ 동신대학교 병원의료공학과

² 에프엔엔(주)

Development of Ring Light for Shadowless Shooting for Medical Purpose

Min-Woo Cheon¹, Kyung-Jae Cho², and Yong-Pil Park^{1,a}

¹ Department of Electrical and Electronic Engineering, Dongshin University, Naju 520-714, Korea

² Fiber & Networking Co., LTD., Gwangju 500-706, Korea

(Received July 22, 2010; Revised August 17, 2010; Accepted August 24, 2010)

Abstract: In this research a ring light was developed so that a partial shadowless shooting for the patient's affected area at the medical treatment room and surgical operation room using high luminance light emitting diode (LED) for which attention is being paid as new lighting parts for medical purpose. LED which was applied to the development used high luminance three color LED for full color for which various color materialization and the adjustment of radiation intensity are possible and we can get white light in order to emphasize the delicate expression for generic tone of shooting object, strong highlight, simple shadow and three dimensional effect at the time of close-up shadowless shooting of the affected area. And at the time of design of ring light, the characteristics of LED and the loss of light at the time of penetrating light diffusion PC were considered so that intensity of illumination for over 150 lx can be obtained. The result of measurement of the intensity of illumination of the ring light that was developed revealed that maximum intensity of illumination of 225.7 lx was obtained, while smoke index was measured to be maximum 78 Ra in the case of Red(50%) Green(100%) and Blue LED(60%). We could confirm that response speed was also very fast as 1.72 ms.

Keywords: Ring-light, Light emitting diode, Astral view

1. 서 론

LED (light emitting diode)는 반도체의 기술의 지속적인 발전에 힘입어 기존 조명 시장을 대체할 수 있는 신조명으로 각광받고 있어 매년 전세계적으로 시장 규모가 급격히 커지고 있다 [1-5]. 저전력, 고효율, 저발열, 친환경 등의 특성을 가지는 LED는 집적화를 통한 정밀한 제어가 가능하여 다양한 산업 분야

에서 응용이 가능하다. 특히, 친환경적이라는 장점은 환경 보존 및 에너지 절약이라는 세계적인 공통 관심사를 해결할 수 있는 방안 중 하나로 인식되어 미국, 일본 등 선진국에서 앞 다투어 LED 조명을 개발하고 있다 [6,7].

이러한 세계적인 연구 추세에 따라 의료분야에서도 표시용 소자로만 사용되던 LED를 의료용 조명 기구로 응용하기 위한 연구가 활발하게 이루어지고 있다 [8]. 국내에서는 진료와 수술 집도 시 조명용 광원으로

a. Corresponding author; yppark@dsu.ac.kr

Table 1. Characteristics of LMTP50SPRGB (LUMIMICRO Inc.).

Parameter	Condition	Min	Type	Max	Unit
Forward voltage	IF=20 mA/each chip	1.9	-	2.3	V
		3.0	-	3.4	
		3.0	-	3.4	
Reverse current	VR=5 V/each chip			50	uA
				50	
				50	
Dominant wavelength	IF=20 mA/each chip	620	625	630	nm
		520	525	530	
		450	455	460	
Luminous intensity	IF=20 mA/each chip	400	600	-	mcd
		900	1200	-	
		100	200	-	

할로겐램프 (halogen lamp)와 플라즈마램프 (plasma lamp)를 주로 사용하고 있는 실정이나 두 광원의 수명이 수천 시간 이내로 램프의 교환이 매우 빈번할 뿐 아니라 램프에서 발생하는 과도한 발열로 인해 진료실 및 수술실의 내부 온도가 상승하므로 이를 억제하기 위해 부착한 냉각장치로 인해 조명기구의 부피가 매우 커지는 단점이 있다.

고출력 LED를 사용한 조명 기구는 이러한 단점을 개선할 수 있는 대안으로 기대된다. LED를 사용한 조명기구의 경우 LED가 가지는 장점으로 인해 조명 기구의 수명은 연장되고 연색성이 개선되어 눈의 피로는 감소되고 환부 및 혈관의 구별이 뚜렷해져 진료 및 수술 시 매우 긍정적인 효과를 기대할 수 있다. 특히, 자외선의 차단이 가능하므로 세포에 불필요한 자외선의 조사가 이루어지지 않아 안전성 또한 높아질 것이다.

본 연구에서는 의료용 신조명 부품으로 주목받고 있는 고휘도 LED를 사용하여 진료실 및 수술실에서 환자의 환부에 대한 국소 무영 촬영이 가능하도록 링라이트를 설계·개발하였다.

2. 실험 방법

2.1 고휘도 3색 LED

환부 근접 무영 촬영시 피사체 고유의 tone에 대한 섬세한 표현력과 강한 하이라이트, 간결한 섀도우, 그리고 입체감을 부각시키기 위한 링라이트로 고휘도

LED를 사용하였다. 다양한 색상 구현과 광량 조절이 가능하고 LED set를 모두 점등하였을 때 백색광을 얻을 수 있는 full color용 고휘도 3색 LED인 LMTP50SPRGB (Lumimicro Co., Ltd., Korea)를 채택하여 특성을 분석한 후 표 1에 나타냈다.

2.2 고휘도 3색 LED의 배열

View angle 120°로 white 색상을 발현하기 위해 Red, Green, Blue 3색을 동작시킬 때 링라이트부에 필요한 최대 소비전류는 60 mA이다. 링라이트 커버로 표면에 일정한 밝기를 형성하고 투과 과정에서 빛의 손실을 최소화하기 위해 광학산 PC를 이용하였다. 광학산 PC는 경량으로 견고하며 내열성, 내침수성 등 우수한 물성을 부유하고 있으며 광학적으로 빛의 효율, 명암비율 그리고 빛의 분산과 밝기를 나타내는 휘도가 좋은 폴리카보네이트와 아크릴에 광학산 기능을 추가한 것이다. 링라이트의 표면에 광학산 PC를 적용하여 30 cm의 거리에서 투과 특성을 CL-200 (Minolta Co., Ltd., Japan)로 측정된 결과 조도가 약 35%정도 감소됨을 확인하였다. 본 연구에서는 링라이트 설계시 LED 특성과 광학산 PC 투과시 손실 등을 고려하여 150 lx 이상의 조도를 얻을 수 있도록 설계하였다. 또한 전력 소비를 최소화하고 미세 전압 제어로 full color를 구현하기 위해 3색 LED 21개를 3개씩 직병렬로 연결하여 링라이트 전면에 일정한 간격으로 배치하여 빛의 분포가 균일하도록 하였다. 그림 1에 링라이트 설계도를 나타냈다.

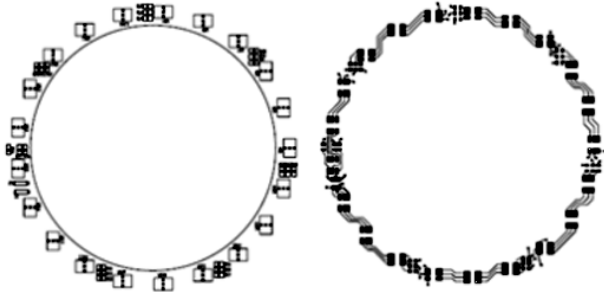


Fig. 1. Design of ring-light.

링라이트부는 광학산 PC와 링라이트 회로 사이의 이격 거리를 최적화함으로써 투과손실을 줄이고 균일한 광속 분포를 가질 수 있도록 구조 설계하였으며, 제조사별 카메라 렌즈 크기에 호환될 수 있도록 77 ϕ 의 내경을 가지며 현재 상용화 되어 있는 다양한 크기의 업링/다운링을 사용하여 카메라 기종에 관계없이 장착할 수 있도록 제작하였다.

3. 결과 및 고찰

일반적으로 사용하는 2.4~3 V 배터리의 전압으로 LED를 구동하지 못하므로 LED 구동 시 미세한 전압조정과 각 LED 별로 전류를 제어하기 위해 LM2623을 사용하여 3 V의 전압을 6 V, 11 V의 전압으로 승압할 수 있도록 Boost SMPS를 설계하였다. LM2623은 높은 스위칭 주파수로 외부에 부착되는 인덕터와 커패시터의 크기를 대폭 줄일 수 있으며 높은 효율을 갖는다. LM2623의 2번 핀은 섣다운 기능이 있는 핀으로 섣다운 기능을 이용하면 전원소모가 약 2 μ A 정도로 낮아지므로 배터리를 이용할 경우 필수적이다.

그림 2와 그림 3에 LM2623을 이용하여 제작한 회로도들을 나타냈다. 그림 2는 Red LED를 구동하기 위해 설계된 SMPS 도면이며 그림 3은 Green과 Blue LED를 구동하기 위해 설계된 SMPS 도면이다. RED, Green, Blue LED를 동작시키기 위해서 6 V, 11 V의 고정된 전압을 각각 공급하고 시리얼 저항값을 통일하여 제어가 용이하도록 설계하였다. LED는 3개씩 직렬로 연결되어 있으며, 각각 별도의 전원장치를 갖고 있다. 이를 통해서 각각의 색상을 LED 특성에 맞추어 안정된 전압으로 제어할 수 있으며, LED 보호용 시리얼 저항의 값을 통일하여 생산성을 향상 시킬

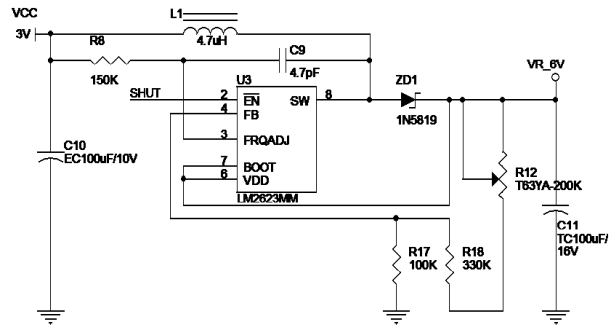


Fig. 2. Circuit of boost SMPS (6 V).

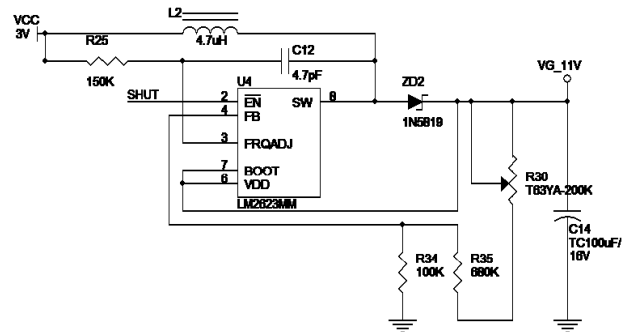


Fig. 3. Circuit of boost SMPS (11 V).

수 있었다. 또한 에너지 손실을 최소화 할 수 있으므로 배터리 응용 회로에 적합한 설계가 가능하였다.

마이크로 컨트롤러 내부의 PWM 제어기는 고속으로 동작하는 타이머를 이용하여 3쌍의 변수를 만든 후 독립적으로 가감하면서 출력포트를 각각 제어하도록 설계하였다. 독립된 PWM 제어를 설계하고, 천연색 구현이 가능하도록 하여 색온도 및 연색성을 조절할 수 있도록 구현하였다. 그림 4에 2SC1815 TR (transistor)를 사용한 PWM 제어 회로를 나타냈다. 전체 PWM 주기는 최소 펄스폭인 10 μ s \times 256 (8 비트)로 제어하여 2.56 ms가 나오는 것을 확인하였다.

개발한 링라이트의 조도, 연색지수 및 응답속도를 평가하였다. 조도, 및 연색지수 측정 시 색상 저장 기능인 매크로 기능을 이용하여 고휘도 3색 LED의 Red(100%, 70%, 50%), Green(100%, 70%, 50%), Blue LED(100%, 80%, 60%, 40%, 20%, 0%)의 전류량의 비율을 조절하여 50개의 샘플링 색상을 저장하였으며, 각 샘플에 대해 3회씩 반복 측정하였다.

개발한 링라이트와 30 cm의 거리에 조도계인 T-19 (Minolta Co., Ltd. Japan)를 설치하여 조도를 측정하였다. 각각의 LED에 정격전류 20 mA를 인가하고

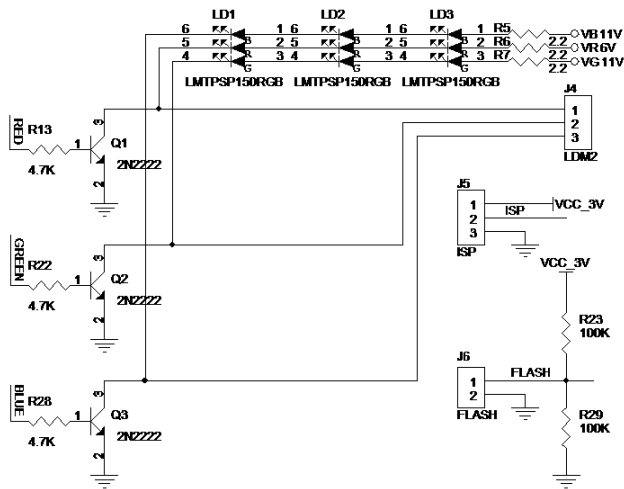


Fig. 4. PWM control circuit.

30 cm의 거리에서 측정할 때 최대 225.7 lx를 얻었으며 다양한 색상 패턴에 따른 조도값의 변화도 확인하였다. CS-1000(Minolta Co., Ltd. Japan)를 사용하여 연색지수를 확인한 결과 Red(50%) Green(100%) Blue LED(60%) 일 때 최대 78 Ra를 얻었다. Red(50%) Green(100%) Blue LED(60%) 때의 광학 특성을 살펴보면 조도 200 lx, 색온도 17,960 K, 연색지수 78 Ra임을 알 수 있으며 사용자에게 기본 촬영 모드(default mode)로 제공하고 그 이외의 색상 패턴은 사용자가 상황에 맞게 활용하는 것이 바람직 할 것이다. 표 2에 조도 및 연색지수를 나타냈다.

개발한 링라이트를 이용하여 무영 촬영시 카메라의 셔터를 on 시킬 때 조리개의 셔터 스피드 시간 이내에 링라이트가 on 되면서 환자의 환부가 촬영되어야 하므로 링라이트의 응답속도는 매우 중요하다. 이를 위해서는 링라이트에 신호를 제공하여 링라이트를 구동시키기 위해서 카메라 핫 슈(hot shoe) 부분에서 신호 공급이 이루어져야 한다. 링라이트의 응답속도를 측정하기 위해 인터페이스 회로를 설계·제작하여 카메라 셔터 동작 시 발생하는 신호를 파형발생기를 사용하여 링라이트에 신호를 제공한 후 응답속도를 검증하였다. 파형발생기와 링라이트 사이의 인터페이스 회로를 구성하고 파형발생기로 카메라 셔터 신호로써 트리거 신호(펄스폭: 5 ms, 펄스주기: 2 us, 펄스 진폭: 5 Vp-p)를 인터페이스 회로에 인가한다. 링라이트의 플래시가 발광했을 때의 빛을 섬광측정기로 측정하고 파형발생기의 트리거 신호와 섬광측정기의 출력 신호 사이의 시간차를 비교하여 응답 속도를 비교하

Table 2. Illuminance and color rendering index.

Pattern No.	Volume Number			Illumination at 30 cm [lx]	Color rendering index (Ra)
	R(%)	G(%)	B(%)		
0	100	100	35	216.7	36
1	100	100	100	225.7	41
2	100	100	80	224.6	46
3	100	100	60	219.7	36
4	100	100	40	212.6	36
5	100	100	20	208.3	44
6	100	100	0	205.1	75
7	100	70	100	193.8	36
8	100	70	80	189.7	42
9	100	70	60	183.4	12
10	100	70	40	180.8	13
11	100	70	20	173.1	24
12	100	70	0	168.5	55
13	100	50	100	157.8	14
14	100	50	80	153.4	18
15	100	50	60	152.1	27
16	100	50	40	145.8	-
17	100	50	20	137.2	5
18	100	50	0	134.4	11
19	70	100	100	217.2	29
20	70	100	80	216.6	35
21	70	100	60	211.1	55
22	70	100	40	206.2	56
23	70	100	20	197.3	57
24	70	100	0	195.9	71
25	70	70	100	184	29
26	70	70	80	180	36
27	70	70	60	174.6	47
28	70	70	40	169.6	34
29	70	70	20	164.3	39
30	70	70	0	157.6	74
31	70	50	100	149.9	20
32	70	50	80	143.9	25
33	70	50	60	140.1	37
34	70	50	40	136.1	3
35	70	50	20	121.5	14
36	70	50	0	121.8	16
37	50	100	100	207.1	10
38	50	100	80	204.9	14
39	50	100	60	200.1	78
40	50	100	40	192.7	74
41	50	100	20	186.1	41
42	50	100	0	182.2	47
43	50	70	100	174.1	13
44	50	70	80	169.9	19
45	50	70	60	164.1	30
46	50	70	40	158.3	64
47	50	70	20	149.9	60
48	50	70	0	148.4	67
49	100	0	0	55.3	10

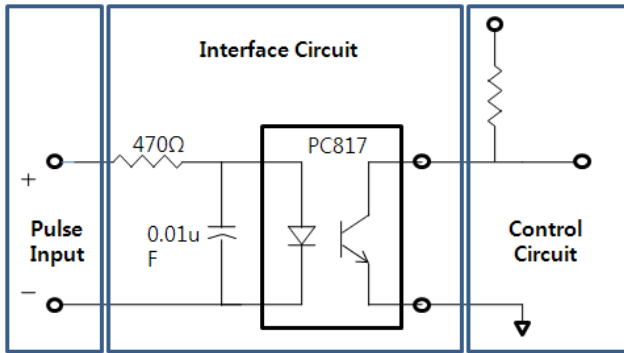


Fig. 5. Interface circuit.

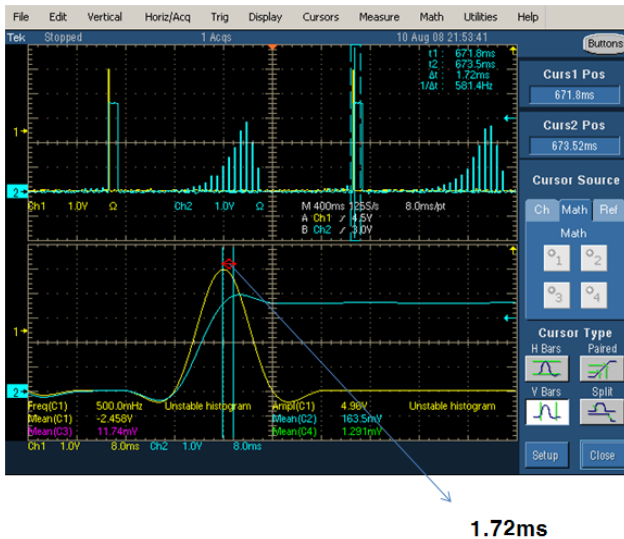


Fig. 6. Measurement curve of response time.

였다. 그림 5에 인터페이스 회로를 나타냈다. 카메라의 셔터 누름에 대한 정보를 과형 발생기를 통해 펄스 신호 (펄스폭: 5 ms, 펄스주기: 2 us, 펄스 진폭: 5 Vp-p)를 입력하고 입력된 펄스 신호는 전류제어용 저항을 통해 포토커플러 PC817를 on시키고 링라이트 컨트롤러의 풀업저항을 통해 전류가 흐름으로써 마이크로 컨트롤러가 신호를 검출하여 플래시를 동작하게 된다. 그림 6은 과형발생기의 펄스신호와 링라이트의 응답속도를 보여주고 있다. 오실로스코프를 사용하여 과형발생기의 펄스 신호를 검출하고 섬광 측정기의 반응 신호를 검출 한 후 시간차를 측정하였

다. 첫 번째 신호는 그 결과 인터페이스 회로, 섬광 측정 센서 및 측정기의 반응 지연시간 등을 고려하더라도 과형발생기의 트리거 신호에 대한 링라이트의 응답속도는 1.72 ms 이내임을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 의료용 무영등으로 사용되는 할로겐 램프와 플라즈마 램프가 가지고 있는 단점을 보완하고 무영등으로의 역할 뿐 아니라 진료 및 수술 시 환부 근접 무영 촬영에 적용이 가능하도록 고휘도 LED를 사용한 링라이트 개발을 목적으로 하였다.

의료용으로 사용할 고출력 LED를 구동하기 위해서는 소자의 특성을 반드시 고려해야 하므로 링라이트 개발을 위해 사용한 고휘도 3색 LED의 특성을 분석한 후 링라이트를 설계하였다. 상용 배터리의 전압으로는 LED를 구동하지 못하므로 LM2623을 사용하여 전압을 6 V, 11 V로 승압할 수 있는 Boost SMPS를 설계·제작하여 링라이트에 적용하였으며 PWM 제어로 천연색의 구현이 가능하도록 하였다. 링라이트의 조도를 측정한 결과 최대 225.7 lx를 얻었으며 연색지수는 Red(50%) Green(100%) Blue LED(60%) 일 때 최대 78 Ra로 측정되었다. 과형발생기의 트리거 신호와 섬광측정기의 출력 신호간의 시간차를 비교하여 응답 속도를 측정한 결과 링라이트의 응답속도는 1.72 ms로 매우 신속한 것을 확인할 수 있었다.

REFERENCES

- [1] S. Nakamura and G. Fasol, *The Blue Laser Diode GaN Based Light Emitters and Lasers* (Springer, Berlin, 1997) p. 163.
- [2] M. S. Shur, *Solid-State Electron.* **42**, 2131 (1998).
- [3] D. K. Kim, I. S. Yoo, and C. B. Park, *J. KIEEME* **18**, 945 (2005).
- [4] S. J. Lee and J. C. Lee, *Trans. Electr. Electron. Mater.* **9**, 110 (2008).
- [5] M. K. Gong and D. W. Kim, *J. KIEEME* **21**, 73 (2008).

- [6] D. A. Steigerwald, J. C. Bhat, D. Collins, R. M. Fletcher, M. O. Holcomb, M. J. Ludowise, P. S. Martin, and S. L. Rudaz, *IEEE J. Sel. Top. Quantum. Electron.* **8**, 310 (2002).
- [7] J. A. Han and J. T. Kim, *Kor. J. Opt. Soc.* **18**, 111 (2007).
- [8] J. H. Mun, H. J. LEE, and G. T. Hong, *Proc. 2009 Spring Conf. KSPE* (KSPE, Jeju, Korea, 2009) p. 403.