

고출력 3색 LED를 이용한 휴대용 무영등의 개발

Development of Portable Astral Light using the High Power 3-Color LEDs

유성미*, 천민우**

Seong-Mii Yu*, Min-Woo Cheon**

요 약

본 연구에서는 의료용 신조명 부품으로 주목받고 있는 고출력 LED를 사용해 구강구조 확인을 위한 치과영역, 진료 및 수술실에서 환부에 대한 작은 범위(국소부위)의 무영 촬영이 가능한 휴대용 LED Light를 설계·개발하였다. 개발에 적용한 LED는 피사체 고유의 Tone에 대한 섬세한 표현력과 입체감을 부각시키기 위해 다양한 색상 구현 및 광량조절이 가능하도록 3색 LED를 사용했다. 사용된 LED의 전기적 특성 및 광학적 특성을 고려해 고효율의 Light Module를 개발했으며 휴대 사용을 위해 낮은 전압에서도 구동이 가능한 SMPS를 제작했다. 또한 PWM 제어방식을 이용해 단색광부터 백색광까지 32,768개의 다양한 색상 구현이 가능했다.

Abstract

We was designed the portable LED light which can shadowless shooting and developed using a high-power LED that medical attention as a new lighting components for structural confirmation of oral dental area, medical and surgical lesions in the local area. LED which applied to the development, was used the 3-color LEDs for possible of implement a variety of colors and adjusted the light intensity. It is being magnified of delicacy expressiveness and three-dimensional for tone of the subject-specific. It has been developed a highly efficient light module that LED is used to consider the electrical characteristics and optical properties. SMPS has produced for use in mobile that can be driven at low voltage. In addition, it was also possible to implement a variety of colors from monochromatic Light to polychromatic light using by PWM control method and were available 32,768.

Key words : LED, Astral light, Color temperature, Luminous

I. 서 론

LED(Light Emitting Diode)는 화합물 반도체의 p-n 접합을 이용한 발광 다이오드로써 전기에너지를 빛

에너지로 변환시켜 발광하게 되며 Nick Holonyak에 의해 적색 계열의 발광 다이오드가 개발되면서 실생활에 적용되기 시작하였다[1]. 개발초기 LED는 발광 재료와 장비 성능의 제한으로 인해 낮은 광량, 발생

* 광주보건대학 간호과(Department of Nursing, Gwangju Health College University)

** 동신대학교 병원의료학과(Department of Hospital Biomedical Engineering, Dongshin University)

· 제1저자 (First Author) : 유성미 · 교신저자 (Corresponding Author) : 천민우

· 투고일자 : 2011년 10월 12일

· 심사(수정)일자 : 2011년 10월 12일 (수정일자 : 2011년 12월 21일)

· 게재일자 : 2011년 12월 30일

파장의 한계 등에 부딪혀 간단한 디스플레이 소자에 제한적으로 사용되었다. 하지만 1990년대 초 InGaAlP의 화합물을 이용한 고효율 적색 LED 개발과 GaN 화합물 기반의 발광재료를 이용한 청색 LED 개발을 통해 그 성능이 비약적으로 발전하기 시작하였다[2]. 또한 반도체 제조 기술 및 재료 공학의 발달에 힘입어 천연색의 구현이 가능하게 되었고 그 응용분야가 급속히 확대되었다. 특히 고효율, 저발열, 저전력 소비 등의 특성[3-4]을 지니는 LED는 에너지 절약 및 친환경적인 녹색 광원으로서 전 세계적으로 주목받기 시작했으며[5-6] 주요 선진국에서는 국가적인 측면에서 차세대 조명용 광원으로서 LED 조명을 개발하고 있다.

이러한 분위기에 맞춰 의료분야에서도 단순 표시용 소자로만 사용되던 LED를 치료용 또는 의료용 조명기구로 활용하기 위한 연구가 활발하게 이뤄지고 있다[7-9]. 국내에서 진료와 수술시 사용되고 있는 광원은 높은 휘도의 특성을 가지기 위해 대부분 할로겐 램프(Halogen Lamp)나 제논램프(Xenon Lamp)를 사용하고 있다. 하지만 할로겐램프[10]나 제논램프의 경우 수명이 매우 짧으며 높은 열을 발생함과 동시에 환자의 환부에 유해한 영향을 미칠 수 있는 UV(Ultra-Violet) 파장을 발생시키는 문제점을 가진다[11]. 이러한 문제점을 해결하기 위해 고효율의 LED를 이용한 의료용 무영등의 개발이 진행되고 있다. 의료용 무영등에 LED 적용은 조명의 수명 연장 뿐 아니라 다양한 파장의 LED를 조합해 고연색성 및 색온도 조절을 통해 눈의 피로감 개선, 환부 및 혈관 등의 뚜렷한 구별에 매우 긍정적인 효과가 기대되며 불필요한 UV 광선의 조사가 이뤄지지 않아 안전성 또한 높아질 것이다.

본 연구에서는 피사체의 작은 부분까지 정확한 접사를 요구하는 수술 및 치과 영역에서 치아구조 확인을 위해 사용되는 휴대용 무영등을 고효율 LED를 이용해 설계·제작하고 그 성능을 평가하였다.

II. 실험방법

2-1 고효율 3색 LED

본 연구에서는 치과 영역과 같은 의료분야에서 치아구조 확인 및 환부의 근접 촬영시 피사체 고유의 Tone에 대한 섬세한 표현력과 강한 하이라이트, 간결한 쉐도우 그리고 입체감을 부각시키기 위한 목적으로 고효율 LED를 사용해 근접 촬영이 가능한 휴대용 무영등을 설계·개발하였다.

의료분야에서 무영등은 혈관, 근육 및 조직 종류의 명확한 구분을 위해 상황에 맞게 광원의 적절한 제어가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 Red, Green 및 Blue Color의 광량을 조절하여 단색광부터 백색광까지 Full Color 구현이 가능한 SMD Type의 고효율 3색 LED[LMTP50SPGB, Luminicro Co. Ltd., Korea]를 사용하였다. 표 1에 본 연구에서 사용한 3색 LED의 특성을 나타냈다.

표 1. 3색 LED의 특성

Table 1. Characteristics of 3-Color LEDs

Parameter	Red	Green	Blue
Forward Voltage	1.9~2.3V	3.0~3.4V	3.0~3.4V
Dominant Wavelength	620~630nm	520~530nm	450~460nm
Luminous Intensity	400~600mcd	900~1200mcd	100~200mcd
Forward Current	20mA		
Reverse Current	50uA		

2-2 휴대용 무영등의 구성

제작한 휴대용 무영등은 의료분야에서 발생 가능한 환부 및 상황에 따라 다양한 색온도 및 연색 특성을 확보할 수 있도록 Red, Green 및 Blue 각각의 파장에 대한 개별적인 조절이 가능하도록 설계하였다. 그림 1에 제작한 휴대용 무영등의 구성도를 나타냈다. 휴대용 무영등은 안정적인 전원공급을 위한 SMPS와 사용자 요구를 위한 변수 입력부인 Key Switch부, 입력된 신호를 바탕으로 각각의 3색 LED에 PWM(Pulse Width Modulation) 제어신호 발생과 시스템의 전반적인 제어를 담당하는 Micro Controller로 구성되었다. Light Module은 카메라 적용이 용이하도록 별도의 케이블로 연결되도록 하였고 2개의 LED Driver를 사용해 각각 9개씩의 3색 LED를 제어할 수 있도록 제작

하였다. 그리고 별도로 구성된 1개의 LED Driver와 3색 LED 3개를 이용해 Light Module의 광 패턴을 사용자에게 확인할 수 있는 Display부를 구성하였다.

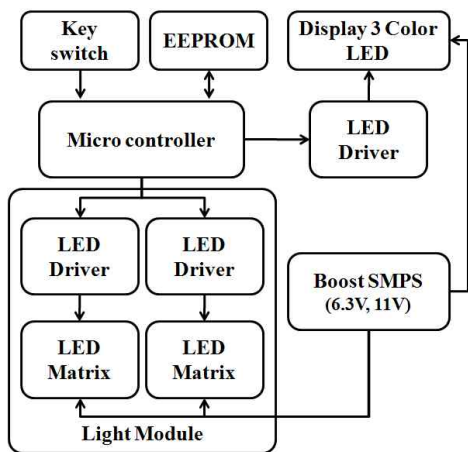


그림 1. 휴대용 무영등의 구성도.
Fig. 1. Block Diagram of Portable Astral Light.

제작된 무영등은 휴대 사용이 용이하도록 배터리와 5V DC(Direct Current) Adapter를 입력전원으로 사용했으며 다수의 3색 LED 소자 특성을 고려해 6.3V와 11V의 전압으로 승압할 수 있도록 LM2623을 이용해 SMPS(Switching Mode Power Supply)를 구성했다. SMPS에 사용된 LM2623는 높은 스위칭 주파수를 사용해 외부에 부착된 인덕터(Inductor)와 콘덴서(Capacitor)의 소형화가 가능토록 하여 높은 효율을 갖는다. 또한 LM2623의 Shut-down 기능을 이용해 휴대용 무영등이 일정 시간동안 동작하지 않을 경우 전력 소모를 최소화 할 수 있도록 설계 하였다. Key Switch는 휴대용 무영등의 변수 입력부로서 Micro controller에 명령을 전달하는 역할을 한다. 이를 이용해 System의 On/Off, 3색 LED의 Red, Green 및 Blue Chip 각각의 광량 조절, 주요 색상 패턴의 저장 및 로드(Load), 연속 조사 및 순간 플래쉬 기능의 설정이 가능하도록 구성하였다. Key Switch에서 보내진 입력 신호를 바탕으로 해당 LED Driver에 PWM 제어신호와 개발한 휴대용 무영등의 전반적인 제어를 위해 80C51 기반의 8Bit CPU(Central Processing Unit)인 MPC82X52A(MEGAWIN Co., Ltd, Taiwan)를 사용하였다. MPC82X52A의 구동을 위해 22MHz의 OSC(Oscillator)를 이용했으며 고속의 타이머 함수를

이용해 PWM 신호를 제어하도록 하였다. MPC82X52A의 타이머 함수는 Red, Green 및 Blue color의 독립적인 제어를 위해 3쌍의 변수를 설정하고 PWM 신호의 Duty Rate의 증감에 의해 32 단계로 세분화하여 광량을 제어하였고 총 32,768개의 색상 패턴의 구현 하였다. 또한 사용자 지정에 의한 색상 패턴의 저장을 위해 별도의 TWI(Two-Wire Serial Interface) EEPROM(ATmal Co., Ltd., AT24C02)를 사용했으며 SDA(Serial Data)와 SCL(Seril Clock Input) 단자를 이용해 Micro Controller와 양방향 시리얼 통신이 가능하도록 하였다. 휴대용 무영등에 사용된 Light Module은 3색 LED의 정밀 구동을 위한 LED Driver과 18개의 LED Matrix로 구성되어 있으며 LED의 120° 발광각(Output Angle)을 고려해 균일한 발광이 이뤄질 수 있도록 설계 하였다. 또한 보다 효과적인 광의 확산을 위해 Light Module의 발광부에 광확산 PC(Polycarbonate)를 적용했으며 광 확산 PC와 발광부의 이격 거리를 최적화함으로써 투과손실을 줄이고 균일한 광속 분포를 가질 수 있도록 설계·제작 하였다.

III. 결과 및 고찰

3-1 Switching Mode Power Supply

개발한 휴대용 무영등은 Common Anode 타입으로 3색 LED 내부에 구성된 Red, Green, Blue 발광 칩(Chip)별로 3개씩 직렬연결하고 별도의 전원이 입력되도록 구성해 각각의 미세 전압 및 전류 제어가 용이하도록 하였다. 하지만 입력되는 5V 전원으로는 구성된 휴대용 무영등 구동이 불가능하므로 Red는 6.3V, Blue와 Green은 11V의 승압이 가능하도록 SMPS를 각각 구성해 소자 특성에 적합한 안정적인 전원 공급을 하였다. 그림 2에 Green과 Blue 파장의 LED를 구동하기 위해 설계된 11V SMPS를 나타냈다. 또한 제작된 SMPS로 사용된 LM2624의 EN 핀을 이용해 60초 이상 입력 신호가 발생하지 않을 경우 전원 소모가 약 2 μ A 까지 낮아지도록 설계하여 손실을 최소화함으로써 배터리 응용 회로에 맞는 설계

가 가능하였다. 제작된 11V SMPS 입출력 파형을 그림 3에 나타냈다. 측정 결과 5V의 입력전압으로 약 11V의 안정적인 출력 전압이 발생하였고 이는 5V의 입력전압으로 각각의 LED 특성에 맞는 안정된 전압을 공급할 수 있음을 의미한다.

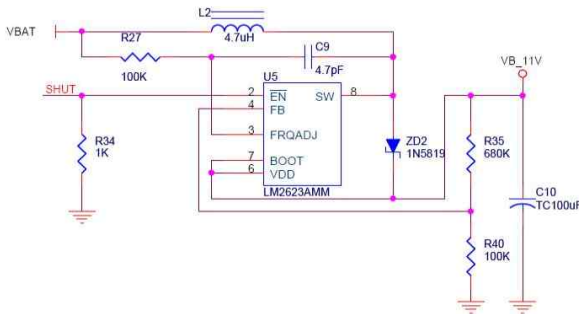


그림 2. 11V SMPS의 회로도.
Fig. 2. Circuit of 11V SMPS.

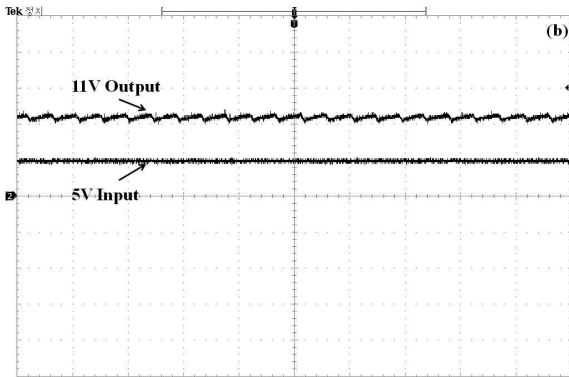


그림 3. 11V SMPS의 입출력 파형도.
Fig. 3. In/Output spectrogram of 11V SMPS.

3-2 LED 구동회로

LED는 대표적인 반도체 발광소자로 빠른 스위칭 특성을 가진다. 이러한 특성을 이용해 한 주기(Cycle) 내에서 일정 기간에만 전류를 공급하고 나머지 시간에는 전력을 공급하지 PWM 방식을 적용함으로써 소비전력을 줄이고 열 발생을 최소화 하였다. PWM 제어는 Micro Controller인 MPC82X52A의 타이머 함수를 사용했으며 Red, Green, Blue LED 각각의 독립적인 제어가 가능하도록 제작했다. 본 연구에 사용된 3색 LED의 균일한 조사를 위해 정전류 방식의 Driver IC(Integrated Circuit)를 이용해 LED 구동 회로를 제작해 Red, Green, Blue 각각에 균일한 PWM 제어가

가능하도록 구성하였다. 그림 4에 휴대용 무영등에 사용된 LED Driver의 구성도를 나타냈다.

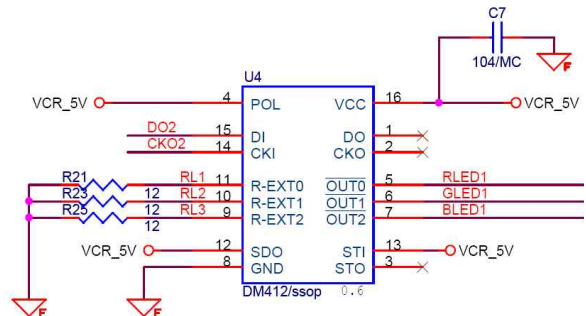


그림 4. LED driver의 구성도.
Fig. 4. Configuration of LED driver.

LED Driver로 사용된 DM412(SILICON TOUCH TECHNOLOGY INC.)는 3개의 외부저항을 이용해 최대 200mA의 허용전류 및 17V의 출력이 가능하며 독립된 3개의 출력 채널로 구성돼 다수의 LED의 개별적인 구동이 가능하다.

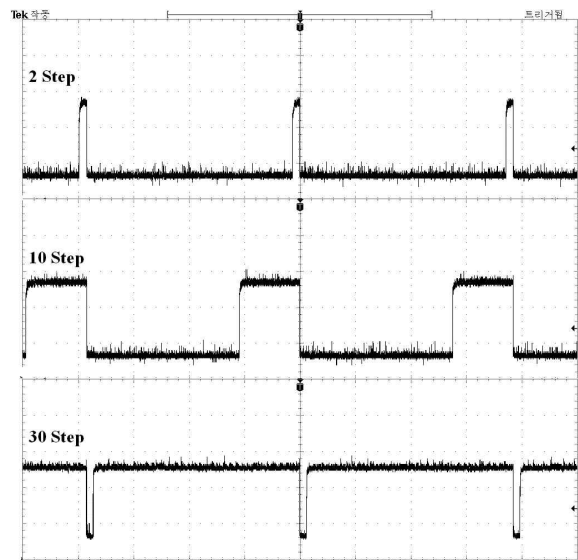


그림 5. 단계에 따른 PWM 신호변화.
Fig. 5. The change of PWM signal by step.

본 연구에서는 Light Module에 2개의 DM412와 Display를 위한 LED 제어에 1개의 DM412를 사용했으며 각 채널에 연결된 LED의 밝기 편차를 조절해 균일한 출력을 낼 수 있도록 하였다. PWM 제어에 사용된 주파수는 388.2Hz를 사용했으며 Red, Green, Blue LED의 0~100%의 Duty Rate를 32단계로 각각 세

분화 하여 색온도 및 연색성을 조절이 가능하도록 하였다. 다음 그림 5에 Duty Rate 변화에 따른 PWM 신호 변화를 나타냈다.

그 결과 PWM 신호의 전체 주기는 2.56ms 였으며 각각의 단계 별로 PWM 신호의 Duty Rate의 변화가 발생하는 것을 확인하였다. 이는 Red, Green, Blue LED 각각의 Duty Rate를 32단계로 가변이 가능해 총 32,768개의 다양한 발광 패턴의 구현이 가능함을 의미한다.

3-3 휴대용 무영등의 광학적 특성

Red, Blue, Green LED 각각의 시스템 출력 단계를 조절하여 발광 비율을 조절하는 방식으로 조도 및 색온도 실험을 진행했다. 실험에 사용된 고효율 3색 LED의 발광 비율을 Red(100%, 70%, 50%), Green (100%, 70%, 50%), Blue LED(100%, 80%, 60%, 40%, 20%, 0%)로 변화시키며 48개의 패턴을 지정했다. 적용된 패턴은 Red와 Green을 높은 비율부터 고정하고 Blue의 발광 비율을 감소시키는 방법으로 패턴을 구성하였으며 실험은 각각의 패턴에 대해 3회 반복 측정하였다.

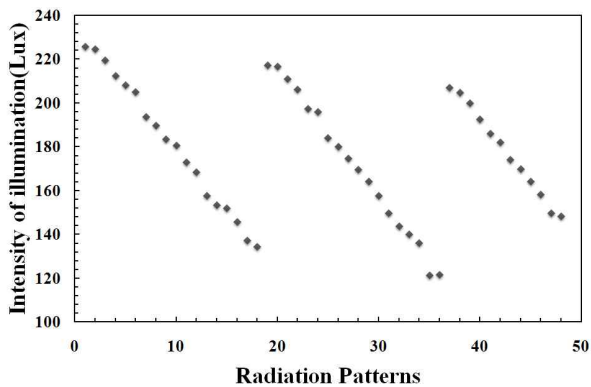


그림 6. 패턴 변화에 따른 조도변화.
Fig. 6. The variation of Interior illuminance according to patterns.

패턴 변화에 따른 조도 실험은 제작한 휴대용 무영등과 조도계(Minolta Co. Ltd., T-10, Japan)간의 거리를 30cm로 고정한 후 발광 비율에 따른 색상 패턴을 변화시키며 측정하였으며 그 결과를 그림 6에 나타냈다. 조도 측정결과 발광 비율이 감소하면서 전반적인 밝

기가 감소하는 것을 확인하였다. 또한 Red, Green, Blue LED 모두 100% 발광했을 때 225.7 Lux로 가장 높은 조도가 나타났으며 Red 70%, Green 50%, Blue 20%에서 121.5 Lux로 가장 낮은 조도가 나타났다.

색온도(Color Temperature)는 발광되는 빛이 온도에 따라 색상이 달라지는 것을 흰색을 기준으로 절대 온도(Absolute Temperature : °K)으로 표시한 것으로 색온도가 낮으면 붉은색, 높으면 푸른색을 띄게 된다. LED 조명의 색온도가 달라지면 물체에 입사하는 파장의 비율이 달라져 시각적으로 큰 차이를 발생하게 된다. 본 연구에서 개발한 휴대용 무영등은 치과 및 의료 무영 촬영을 위해 제작되었으므로 환부 및 혈관의 뚜렷한 구별을 위해서 색온도의 적절한 조절이 필요로 하다. 색온도의 측정에는 휘도계(Minolta Co., Ltd., CS-1000, Japan)를 사용했으며 조도 측정과 동일한 방법으로 측정하였다. 그림 7에 색온도 측정 결과를 나타냈다.

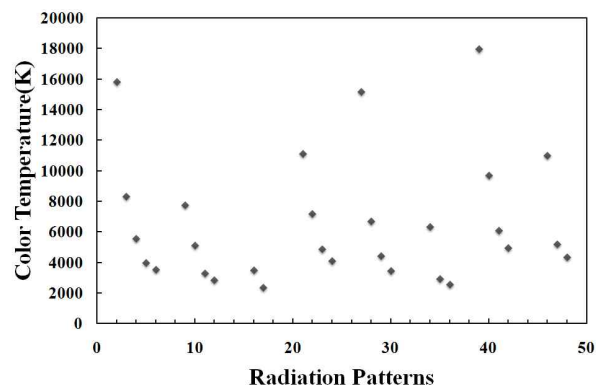


그림 7. 패턴에 따른 색온도 변화.
Fig. 7. Color temperature change of patterns.

색온도 측정 결과 Blue LED의 전류량에 따라 색온도가 높아짐을 확인하였으며 최소 2,384K에서 최대 17,960K 까지 다양한 색온도 범위를 구현하였다. 더욱이 사용된 휘도계의 최대 측정 온도는 18,000K로 색온도 측정 범위를 초과로 인해 측정이 되지 않는 것을 감안한다면 더 넓은 범위의 색온도 특성의 구현이 가능하리라 사료된다.

그림 8에 색온도 변화에 따른 구강 내 이미지를 나타냈다. 다양한 범위의 색상 패턴을 활용하여 촬영 조건 및 환부에 적절한 연출 환경을 조성이 가능해 더욱 선명하고 고품질의 이미지를 얻을 수 있었다.

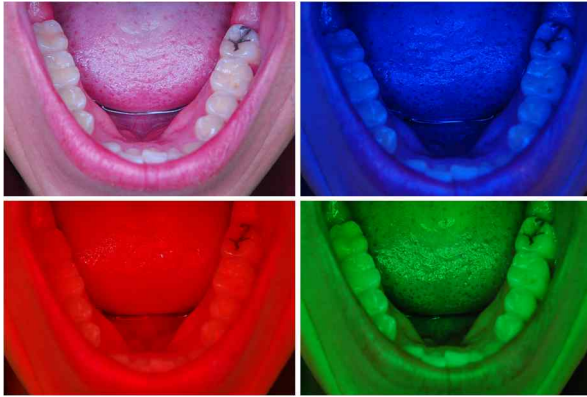


그림 8. 색온도 변화에 따른 이미지 패턴.

Fig. 8. Color Temperature Change of the Image Pattern.

IV. 결 론

본 연구에서는 기존의 의료용 무영등이 가지는 단점을 보완하기 위해 고출력 LED를 사용해 근접 무영촬영이 용이하고 휴대가 간편한 무영등을 설계·제작한 후 특성을 분석하였다. 다양한 수술 환경 및 환부 촬영에서 보다 정확한 분석할 수 있게 단색광에서부터 백색광의 구현이 가능하도록 3색 LED를 사용하였으며 3색 LED의 Red, Green, Blue Chip 각각의 전기적·광학적 특성을 고려해 휴대용 무영등을 구성하였다. 무영등을 안정적으로 사용하기 위해 LM324를 사용해 SMPS를 구성했으며 이로 인하여 낮은 입력 전원만으로도 6.3 V와 11 V의 공급이 가능했다. 또한 3색 LED 각각에 방식을 적용하여 전원소모를 최소화하였고 DM412 IC를 사용해 회로간의 구성을 간단히 하여 무영등을 소형화 시키고 LED 간에 균일한 조광이 이뤄질 수 있도록 하였다. 3색 LED의 Duty Rate 가변을 통해 32단계로 발광 비율의 조절이 가능하였고 이를 이용해 총 32,768개의 다양한 발광 패턴의 구현시킨다. 휴대용 무영등의 광학적 성능 평가는 Red, Green 및 Blue Color 발광 비율을 조절해 48개의 발광 패턴을 설정하고 조도 및 색온도 분포 특성을 분석했다. 조도는 Red, Green, Blue 모두 100% 발광했을 때 가장 높은 225.7Lux가 측정되었고 Red 70%, Green 50%, Blue 20%에서 121.5 Lux로 가장 낮게 나타났다. 국내 환경부 기준 실내 환경 기준치를 기준으로 일상생활에서 조명의 광량은 평균적으로 100~200Lux 이므로 근거리 접사 촬영시 무리 없이

충분한 광량 공급이 가능할 것이라 사료된다. 색온도는 Blue LED의 전류량에 따라 점차적으로 높아짐을 확인하였으며 최소 2,384K에서 최대 17,960K 까지 다양한 색온도 범위를 확인 할 수 있었다. 이를 이용하여 의료분야에서 다양한 색온도로 촬영조건 및 환부에 따라 적절히 적용한다면 그 활용 범위가 매우 넓어질 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] N. Holonyak, Jr. and S.F. Bevacqua, "Coherent (visible) light emission from Ga AsP junctions," *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 1, pp. 82-83, 1962.
- [2] S. Nakamura, M. Senoh, and T. Mukai, "p-GaN/N-InGaN/N-GaN double-heterostructure blue-light-emitting diodes," *Jpn. J. Appl. Phys.*, vol. 32, no. 1A/B, pp. L8-L11, 1993.
- [3] H.S. Kim, Y.S. Kim, and A.S. Chio "A Study on the Subjective Evaluation of Color Appearance under the Different LED Conditions," *J. of KIIEE*, vol. 25, no. 2, pp. 43-52, 2011.
- [4] M.W. Cheon, "Wound Recovery of Light Irradiation by White LED," *J. KIEEME*, vol. 24. no. 1, pp. 42-46, 2011.
- [5] D.A. Steigerwald, J.C. Bhat, D. Collins, R.M. Fletcher, M.O. Holcomb, M.J. Ludowise, P.S. Martin, and S.L. Rudaz, "Illumination with solid-state lighting technology," *IEEE J. sel. top. Quantum electron.*, vol 8, no. 2, pp. 310-320, 2002.
- [6] O. Moisisio, P. Pinho, E. Tetri and L. Halonen, "Controlling colour temperature of LED-luminaire," in *Proc. 10th. Int. Symposium on the Science & Technology of Light Sources, Toulouse, France, July. 2004* pp. 375-376.
- [7] N. Adamskaya, P. Dungal, R. Mittermayr, J. Hartinger, G. Feichtinger, K. Wassermann, H. Redl, and M. V. Griensven, "Light therapy by blue LED improves wound healing in an excision model in rats," *Injury*, vol. 41, no. 7, pp. 1038-1042, 2010.
- [8] J.S. Lee, Y.H. Kim, H.Y. Kang, E.S. Lee, C.H. Oh

and Y.C. Kim, "Topical photodynamic therapy for treatment of actinic keratosis using light-emitting diode (LED) device," *Korean J. Dermatol*, vol. 43, no. 4, pp. 469-474, 2005.

[9] K. Y. Kim, K. K. Han, C. B. Chung, "The Technical Trend of LED Lighting for Medical Applications" *In Proc. 2010 Spring Conf. KIIEE, Gangwon, Korea*, May, 2010, pp. 171-173.

[10] J.H. Mun, H.J. LEE, and G.T. Hong, "Optimum design of an astral lamp for dental surgery using high power LED," *Proc. 2009 Spring Conf. KSPE, Jeju, Korea, Jun.*, 2009, pp. 403-404.

[11] W.Y. Cheon, S.B. Song, J.H. Kim, and J.W. Park, "Development of LED Operating Light" *Proc. 2009 Summer Conf. KIEE, Muju, Korea, July*, 2009, pp. 1617-1618.

관심분야 : 의료정보, 병원경영, 감염관리

천민우 (千珉右)



2001년 2월 : 동신대학교

전기전자공학과(공학사)

2003년 2월 : 동신대학교

전기전자공학과(공학석사)

2006년 2월 : 동신대학교

전기전자공학과(공학박사)

2008년 8월 : 조선대학교

의학과(의학박사)

2010년 1월 ~ 현재 : 대한의용생체공학회 교육위원

2010년 3월 ~ 현재 : 동신대학교 병원의료학과 전임강사

관심분야 : 의공학, CT, MRI

유성미 (柳成美)



1989년 2월 : 경상대학교

간호학과(간호학학사)

1996년 8월 : 경상대학교

간호학과(간호학석사)

2005년 2월 : 부산대학교

간호학과(간호학박사)

2007년 3월~현재 : 광주보건대학교

간호학과 조교수