

체외 상처 치유를 위한 4-채널 광 치료기

4-channel Light Medical Therapy Apparatus for External Injury Cure

천민우¹, 김성환^{1,a}, 소금영¹, 문영래¹, 문성표¹, 박용필², 이호식², 김태곤³
(Min-Woo Cheon¹, Seong-Hwan Kim^{1,a}, Keum-Young So¹, Young-Lae Moon¹, Seong-Pyo Mun¹,
Yong-Pil Park², Ho-Sik Lee², and Tae-Gon Kim³)

Abstract

We developed the 4channel Light Medical Therapy Apparatus for External Injury Cure using a high brightness LED. This equipment was fabricated using a micro-controller and a high brightness LED, and designed to enable us to control light irradiation time, intensity, frequency and so on. Especially, to control the light irradiation frequency, FPGA was used, and to control the change of output value, TLC5941 was used. Control stage is divided into 4 levels by program. Consequently, the current value could be controlled by the change of level in Continue Wave(CW) and the output of a high brightness LED could be controlled stage by stage. Compared with one LED irradiation, several LEDs irradiation could increase optical power.

Key Words : External injury, Light medical therapy, External vivo, Light emitting diode

1. 서 론

전 세계적으로 빛을 이용한 광 치료가 주목을 받고 있는데 이는 특정 파장의 빛이 세포에 조사 될 경우 세포를 활성화 시켜 상처 치유 효과[1] 및 고유 기능 촉진[2] 등의 다양한 효과를 기대할 수 있기 때문이다. 빛을 이용한 치료는 저출력 레이저로 시작을 하였으나 지금은 전기 신호를 빛으로 방출하는 P-N 접합 반도체인 LED를 사용하여 많은 연구가 이루어지고 있다. 특히, LED는 소형, 경량, 저전력, 저발열 및 고속 응답성 등의 특성과 장점을 지니고 있어 1960년대 말경에 개발된 이래 각종 기기들의 표시소자[3]로 광범위하게 사용되었으나 레이저와 유사한 파장을 방출하고 고휘도의 빛을 방출할 수 있어 의료산업에 다양하게 응용되고 있다.

Vinck 등[4]은 LED 광과 저출력 레이저를 이용하여 섬유아세포에 조사하였을 때 높은 증식이 이루어 졌음을 확인하였다. 즉, LED 광원은 레이저와 유사한 생화학적 효과가 있을 것으로 예상되며, 열에 의한 손상이 발생하지 않아 안전한 광원으로 다양한 치료에 적용이 가능할 것으로 예상되나 그에 따른 연구는 생물학적 연구 결과가 상이하여 매우 저조한 실정이다. 이러한 연구 결과의 차이는 원하는 파장의 빛을 정확한 위치에 필요한 강도로 조사할 수 있는 기기의 부족이 가장 큰 원인이라 할 수 있다.

따라서 본 연구는 특정 파장의 빛을 발생시킬 수 있는 LED를 이용하여 체외 창상 치유 효과를 확인하기 위해 다양한 파장의 조사가 가능한 4 채널 광조사기를 설계, 개발하여 광 조사시간, 강도 조절, 시간 제어 뿐 아니라 자동으로 동작이 가능하도록 제작하여 장치의 구성, 제어 및 특성에 관해 보고하고자 한다.

2. 실험

LED는 활성층의 혼합 재료와 혼합비에 의해 발광 파장이 결정되며 단자 사이에 전류가 흘러 활성층

1. 조선대학교 의과대학
(광주시 동구 서석동 375)
2. 동신대학교 병원의료공학과
3. (주)바이오아테코 인공장기연구소
a. Corresponding Author : shdkim@mail.chosun.ac.kr
접수일자 : 2007. 7. 3
1차 심사 : 2007. 7. 11
심사완료 : 2007. 7. 16

표 1. 고휘도 LED의 특성.

Table 1. Characteristics of high brightness LED.

Color (Wavelength)	If [mA]	Pd [mW]	Ifp [mA]	Vf [V]
Bluish green (502 nm)	20	125	100	3.2~3.3
Green (525 nm)	20	125	100	3.0~3.1
Yellow (590 nm)	20	125	100	2.1~2.2
Red (633 nm)	20	125	100	2.2~2.3

에서 전자와 홀의 결합에 의해 빛을 방출한다[5]. 고휘도 LED는 사용된 재료나 제조 방법에 따라서 다른 광학적 특성을 지니며 이러한 고유 특성으로 인해 조금씩 다른 전류-전압 특성을 띄므로 다수의 고휘도 LED를 동작시키기 위해서는 LED 각각의 전류-전압 특성을 고려하여야 한다.

본 실험에는 U-Jin 社의 고휘도 LED를 사용하였으며 기본적인 특성을 표 1에 나타냈다. 연구에 사용된 고휘도 LED 중 Green과 Bluish Green의 활성층의 재료는 InGaN,이며, Red와 Yellow는 AlGaInP를 사용한 고휘도 LED를 사용하였다.

본 기기는 4-채널을 활용, 4 개의 파장을 동시 혹은 단독으로 사용하여 상처 치유 등 다양한 실험에 적용할 것을 목적으로 개발하였으며, 개발된 컨트롤러와 LED 광 모듈은 탈부착식으로 제작하였으며, LED 광 모듈은 1~4까지 4 개의 채널로 구성하여 각 채널의 제어가 가능하도록 설계하였다.

그림 1에 제작된 기기의 개략도를 나타내었다. 기기의 전원부는 AC/DC 컨버터와 DC/DC 컨버터로 구성되어 있으며, 안정된 직류 전원을 공급해 주기 위해 SMPS(Switching Mode Power Supply)를 사용하였다. 사용된 SMPS는 AC 170 ~ 264 V 범위의 전압이 공급될 때 48 V, 2.1 A의 안정된 직류전원을 제공해주는데, 이는 Common anode 타입의 기기에서 복수 LED로 구성된 광 모듈에 필요한 전원을 공급하는 역할을 한다.

또한 마이크로컨트롤러 및 구동 전압이 낮은 소자의 구동을 위해 DC/DC 컨버터를 사용하였으며 SMPS에서 나오는 48 V의 직류 전압을 5 V로 낮추어 사용하였다. 본 기기에서 입력신호를 통한 시스템 제어를 담당하는 ATmega128은 Atemp 社의 8 bit 마이크로 컨트롤러로 5 V에서 구동을 하며 RISC (Reduced Instruction Set Computer) 구조로 16 MHz에서 평균 16MIPS(Million Instructions Per

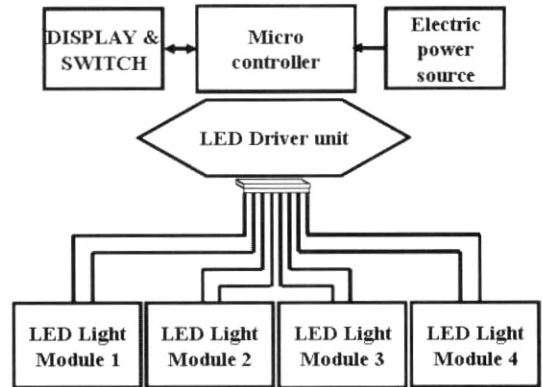


그림 1. 기기의 개략도.

Fig. 1. Diagram of apparatus.

Second)의 처리속도를 가지고 있다. ATmega128은 32 × 8 범용 동작 레지스터와 주변 컨트롤 레지스터로 구성되어 있고 128 KByte In-system 프로그램 플래쉬 메모리를 가지고 있다. 또한 PORT A ~ G까지 7 개의 독립 채널과 53 개의 프로그램이 가능한 I/O라인을 이용하여, 16 × 4 Text LCD 및 LED 드라이버, 타이머, LED 광 모듈의 출력 등을 제어할 수 있도록 구성하였다. 복수의 LED를 제어하기 위해 TLC5941 IC를 사용하였다. TLC5941은 LED 전광판 등에 사용되는 소자로 다수의 LED를 안정적으로 제어할 수 있다. TLC5941은 3.3 V ~ 5.5 V에서 구동하며 최대 90 mA까지 정전류를 흘려줄 수 있는데 마이크로 컨트롤러와 SPI(Serial Peripheral Interface) 방식으로 연동이 가능하다. TLC5941은 0 ~ 15까지 16 개의 출력 단으로 구성되어 있으며 6 Bit 64 스텝의 정전류 Sink(Dot correction)를 이용하여 16 개의 출력단의 밝기 변화 및 다른 LED 드라이버 사이의 밝기 조절이 가능하다. 실제 환자의 환부에 직접 광을 조사하는 모듈은 빛의 중첩 효과를 이용하여 광의 밀도 및 세기 등의 향상을 위해 96 개의 LED를 8 × 12로 배치하였다. 제어 및 LED 구동에 필요한 전원을 사용하기 위해 9 Pin D-sub를 채택하였으며, TLC5941의 1 개 출력단이 LED 광모듈에서 직렬로 연결된 16 개의 LED를 제어하도록 제작하였다.

그림 2는 개발한 기기를 사용하여 창상에 대한 광의 효과를 보기 위해 Rat를 대상으로 체외 상처 치유 실험을 진행 중인 사진이다. 기기의 4 개 채널에 각각 다른 파장의 LED를 장착하여 최대 출력인 4 Step으로 동시 조사 중인 모습으로 파장에 따라 LED 색의 차이를 확인할 수 있다.

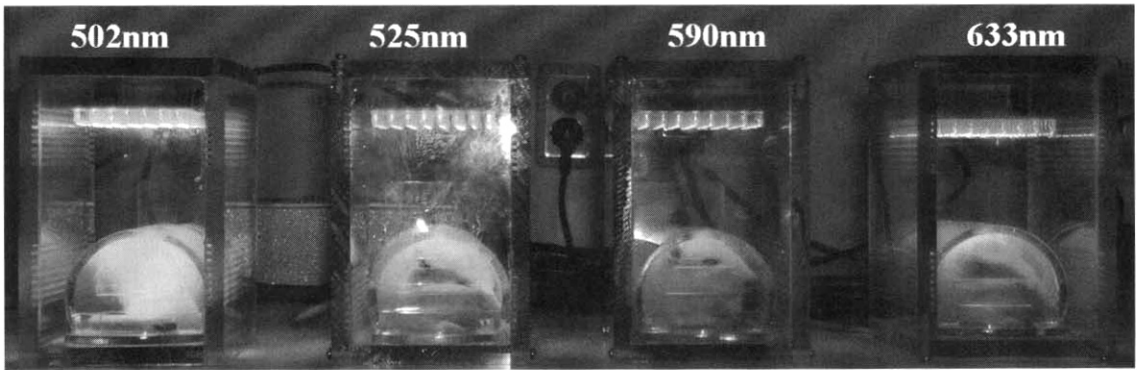


그림 2. 체외 상처 치유 실험.
Fig. 2. Experiment of external injury cure.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서 개발한 기기는 체외상처 치유를 목적으로 개발된 4채널 LED 광 발진기로 그림 3에 기기의 1개 채널에서의 출력 특성을 나타냈다. 사용된 LED 모듈은 633 nm를 사용하였으며 인가되는 전류의 변화에 따른 출력값의 변화와 광 출력값의 변화를 확인 한 바 비슷한 양상으로 전류 변화에 따라 선형적인 증가를 하는 것을 알 수 있었다. 따라서 전류 제어를 통해 고휘도 LED의 광 출력값을 더욱 정밀하게 제어할 수 있었다.

본 기기는 마이크로 컨트롤러와 TLC5941를 이용, 4 step으로 다수의 고휘도 LED의 광출력을 조절할 수 있으며 4 개의 광모듈이 동시 혹은 개별적으로 동작이 가능하다. TR을 사용한 스위칭 회로와는 달리 인가전류에 따라 4 단계로 정밀한 제어가 이루어질 수 있도록 TLC5941 소자를 채택하였다. 그림 4에 기기의 스위칭 회로를 나타냈다.

TLC5941의 개별 채널에 허용되는 최대 전류 설정

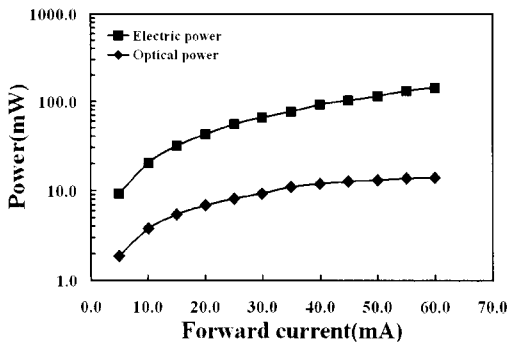


그림 3. 기기의 출력 특성.
Fig. 3. Characteristics of power of equipment.

은 TLC5941 IREF 핀과 GND 사이의 저항에 의해 결정되어 진다. 본 기기에서는 96 개의 LED로 구성된 LED 광모듈에 LED의 정격에 가까운 전류를 흘려주기 위해 광 모듈 채널 1 개에 TLC5941을 2 개씩 배치하여 구성하였다. 따라서 TLC5941 1 개 출력단에서 직렬로 연결된 16 개의 LED가 제어되는데, TLC5941의 1 개 출력단에서 허용 가능한 최대 전류량은 다음과 같은 계산식에 의해 구해진다[6].

$$I_{max} = \left\langle \frac{V_{IREF}}{R_{IREF}} \right\rangle \times 31.5$$

- I_{max} : TLC5941의 16개의 출력단 중 1 개의 출력단에서 허용 가능한 최대 전류
- V_{IREF} : TLC5941 내부 band gap에 따른 전압 값 (1.24 V)
- R_{IREF} : 사용자가 선택한 외부저항

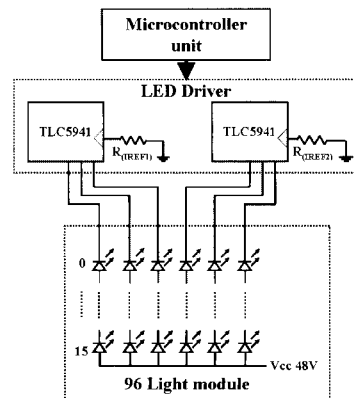


그림 4. 기기의 스위칭 회로.
Fig. 4. Switching circuit of equipment.

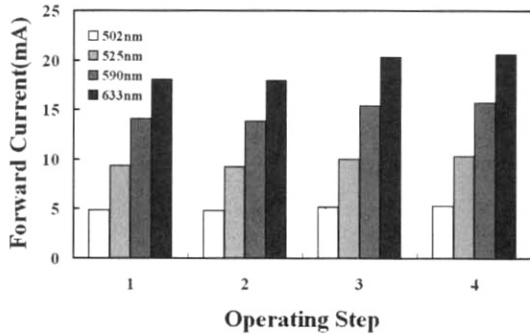


그림 5. 스텝에 따른 전류 변화.

Fig. 5. Variation of current according to step.

본 기기는 실험에 사용된 LED 정격 전류값인 20 mA 이상의 전류를 인가할 경우 LED의 안전성 및 발열에 따른 문제가 발생할 수 있으므로 외부 저항을 사용, TLC5941 1 개 출력단에서의 최대 허용 전류를 20.55 mA로 제한하여 LED의 정격과 근사하게 조정하였다. TLC5941의 전 출력단에서 허용되는 최대 전류는 80 mA로 본 기기에서는 1 개의 TLC5941에 출력단 3 개를 사용하였으며, 두 개의 TLC5941을 이용하여 96 개의 LED를 4 스텝으로 광 출력 제어할 수 있도록 하였다.

그림 5에 스텝에 따른 전류 변화를 나타냈다.

LED 광모듈에 흐르는 전류 값을 측정하고, Step의 증가에 따라 파장별로 전류량이 변화하는 것을 확인할 수 있었다. 각 파장에 따른 전류 값의 변화는 사용된 LED의 특성에 따라 약간씩 차이가 발생하였으며, 특히 502 nm 고휘도 LED의 경우 16 개의 LED를 직렬로 연결하였을 경우 스텝 2부터 전류값의 변화가 없었으며 이는 허용 전압이 다른 LED에 비해 높기 때문이었다. 이를 해결하기 위해 502 nm LED 광모듈은 14 개의 LED를 직렬 연결하여 제작하였고 스텝별 변화량을 확인하였다. 광모듈에서 스텝의 변화에 따른 파장별 광출력의 변화를 그림 6에 나타냈다.

측정은 ADVANTEST社의 Optical power meter를 사용하였으며, 사용된 장비는 10 × 10 mm 사이즈의 Si 디텍터를 이용하여 360 ~ 1100 nm의 파장대에서 1 nW ~ 50 mW까지 광출력 값의 측정이 가능하다. 측정결과 LED 파장에 따른 광출력 양의 차이는 있으나 각각의 광모듈은 스텝별로 광출력이 향상되는 것을 알 수 있었다. LED 1 개와 96 개의 광출력을 비교하기 위해 LED 1 개에 제작된 광모듈과 동일한 전류를 인가시켜 주었을 때의 광량을 측정하여 그림 7에 그 결과를 나타냈다. 파장별로 LED 1 개의 광 출력과 96 개 광 모듈의

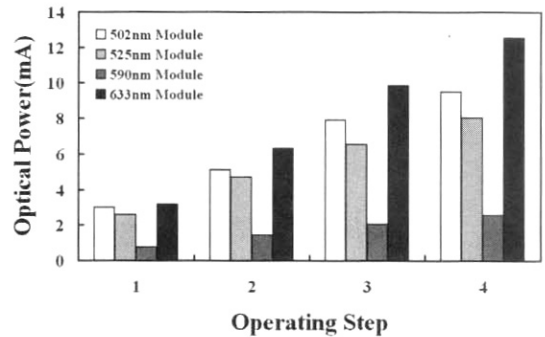


그림 6. 광모듈의 스텝에 따른 광출력의 변화.

Fig. 6. Variation of optical power according to step of light module.

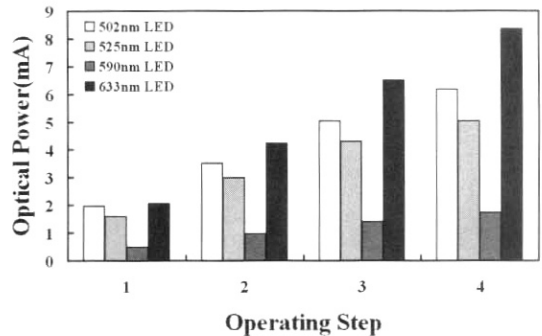


그림 7. LED의 스텝에 따른 광출력의 변화.

Fig. 7. Variation of optical power according to step of LED.

광 출력을 비교한 결과 평균 약 50 % 이상으로 광 출력이 향상되었음을 알 수 있었다.

4. 결론

실생활에서 쉽게 볼 수 있는 LED는 가시광선 영역 구현이 가능하며 저출력 레이저에 비해 가격이 저렴하고, 넓은 면적에 적용이 용이한 장점을 지닌다. 본 논문은 저출력 레이저를 이용한 치료를 대신할 수 있는 레이저 파장과 비슷한 파장을 가지며 보다 안전한 LED 광을 이용한 창상 치유 치료기를 개발하고 기기의 광학적 성능을 평가하였으며 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1. 구성된 기기는 다양한 샘플에 동시에 광조사를 하여 좀 더 빠른 생물학적 결과 값을 얻을 수

있도록 4 개의 채널로 구성하였으며, 각각 개별 동작이 가능하도록 구성하였다.

2. 광조사 시간을 0 ~ 999 시간까지 초 단위로 설정이 가능하도록 구성하였으며, 예약 기능을 통해 LED 광모듈이 동작하는 On/Off 시간을 설정하여, 여러 채널을 수동으로 구동할 때의 미세한 오차를 까지 줄일 수 있었다.
3. 조사되는 광량에 의한 생물학적 변화를 확인하기 위해 4 Step으로 전류 값을 조정하여 각각 다른 광 출력을 가지도록 제어하였다. 파장에 따라 광 출력 값은 스텝에 따라 증가 하는 것을 알 수 있었다.

참고 문헌

- [1] M. T. Wongriley, X. Bai, E. Buchmann, and H. T. Whelan, "Light-emitting diode treatment reverse the effect of TTX on cytochrome oxidase in neurons", *Neuroreport*, Vol. 12, p. 3033, 2001.
- [2] J. Tuner, "Low Level Laser Therapy", Prima books, 1999.
- [3] R. Fletcher, C. Kuo, T. Osentowski, J. Yu, and V. Robbins, "High-efficiency aluminum indium gallium phosphide light-emitting diode", *J. of Hewlett-Packard*, p. 1, 1993.
- [4] E. M. Vinck, B. J. Cagnie, M. J. Cornelissen, H. A. Declercq, and D. C. Cambier, "Increased fibroblast proliferation induced by light emitting diode and low power laser irradiation", *Laser Med sci.*, Vol. 18, p. 95, 2003.
- [5] H. G. Kim and D. C. Lee, "EL mechanism and properties of organic LED doped with DCM and Sq dye", *J. of KIEEME(in Korean)*, Vol. 12, No. 10, p. 909, 1999.
- [6] T. G. Kim, Y. P. Park, M. W. Cheon, S. H. Kim, C. H. Song, Y. S. Kim, S. P. Mun, and D. Y. Kim, "A study on the cell culture controller with the high brightness LED", *J. of KIEEME(in Korean)*, Vol. 19, No. 12, p. 1149, 2006.