

LED를 이용한 수술용 무영등의 회로설계 방안의 연구

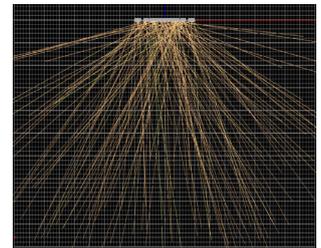
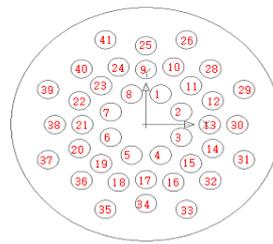
천우영*, 송상빈*, 김기훈*, 김진홍*, 박정욱*
한국광기술원*

Development of LED Operating Light

Woo Young Cheon*, Sang Bin Song*, Ji Hoon Kim*, Jin Hong Kim*, Joung Wook Park*
Korea Photonics Technology Institute*

Abstract - 의료용으로 사용되는 조명은 의사가 환자의 환부에 대해 정확히 판단할 수 있도록 조명으로서의 역할을 할 수 있어야 한다. 이러한 이유로 의료용에 사용되는 조명은 일반 조명으로 사용되는 광원에 비해 보다 특별한 사양들이 요구되어 진다. 기존의 수술용 무영등으로 사용되어 지는 광원은 대부분이 할로겐이나 제논 램프를 이용한 광원이었다. 할로겐이나 제논 램프의 경우는 100-1,000시간 정도의 수명을 가지고 있다. 이러한 광원들은 환자의 환부에 유해한 영향을 미칠 수 있는 UV 파장을 발생한다. 제논램프의 경우는 광원의 특성상 많은 양의 발열을 포함한다. 이러한 수명 및 발열 등의 문제를 가지고 있는 광원을 LED로 대체할 경우 LED가 가지고 있는 장점들을 수술용 무영등에 반영할 수 있다. LED광원은 다른 광원에 비해 장수명의 광원이며 인체에 유해한 파장을 거의 발생시키지 않는다. 또한 고연색성의 조명을 구현할 수 있으며 친환경적인 조명으로 구현할 수 있다. 이러한 LED의 장점을 고려하여 의료용 조명에 적용한다면 기존의 많은 의료용 조명을 LED로 대체할 수 있을 것이다.

도의 분포 및 배광에 대해 파악해 보았다. 그러나 이러한 시뮬레이션의 결과는 광원모듈 자체가 조사각도를 조절할 수 있는 구조를 가지고 있어서 배광과 균제도에 있어서 문제점을 발생하지 않을 것으로 판단할 수 있다.



1. 서 론

기존의 의료용으로 사용하는 조명은 할로겐 이나 제논램프를 이용함으로써 이런 광원들이 가지고 있는 문제점들을 개선하지 못하는 상황에서 지속적으로 사용하고 있다. 이러한 광원을 이용할 경우 광원의 크기로 인한 불편한 사항과 인체에 유해한 파장의 발생으로 인해 환자에게 유해한 환경을 제공할 수 있다. 또한 이들 광원들은 주로 많은 발열을 동반하여 의사들 이나 환자들에게 열적인 환경을 제공하여 왔다. 그러나 이러한 광원을 LED를 이용할 경우 광출력 면에서나 사용상의 편이성 뿐만 아니라 광원의 절적인 면에서도 여러 가지 장점을 나타낼 수 있다. LED를 광원으로 이용할 경우 전원회로의 크기를 크게 줄일 수 있고 기구적인 설계면 에서도 여러 가지 장점을 가질 수 있다. LED의 경우는 개별의 광원을 사용하게 되므로 광원부의 설계에 있어서 많은 설계의 용이성을 가질 수 있으므로 다양한 형태의 기구적인 광원부 설계가 가능하다. 의료용으로서의 LED 광원은 많은 장점에도 불구하고 의료기기분야에 크게 알려지지 않은 실정으로 적용사례가 많지 않아 의료용으로서의 장점을 크게 관심 받지 못하고 있다. 본 연구에서는 이러한 LED의 장점을 적용하여 LED를 의료용 조명에 적용하고자 연구를 진행하였다. 본 연구에서는 조명용 광원으로 사용할 수 있는 HB LED를 이용하여 전원회로, 구동회로, 제어 회로를 구성하여 의료용 조명용으로 사용할 수 있는 이동형 수술용 무영등에 대해 연구를 진행하였다. LED 및 구동을 위한 모터를 구동하기 위해서 컴팩트한 크기의 60W급의 Power Supply를 개발하였으며 LED 구동 및 제어를 위한 회로를 개발하였다. 시뮬레이션에 의해 기구부의 방열에 대한 설계를 진행하였으며 배광의 형태 및 광조사를 위한 광학설계를 진행하였다. 개발되어진 각각의 요소들은 최대한 의사들의 사용 환경을 고려하여 설계되었으며 요구되어지는 사양은 충족되어질 수 있도록 설계와 검증을 진행하였다. 회로설계 부분에 있어서는 LED의 구동방식을 정전류 방식으로 설계하였으며 제어회로는 MicroController를 이용하여 광량의 조절 및 사용자의 입력을 원활히 반영할 수 있는 회로들로 설계 하였다.

그림 1. LED 광원 배열 및 Ray tracing 결과

2. 본 론

2.1 LED 배열의 광학설계

LED 광원 모듈이 배열되어 있는 조명기구 발광면의 전체 직경은 500mm 이다. 단일 LED PKG와 reflector와 전면 렌즈로 구성되어 있다. LED 광원모듈의 직경은 30mm 이다. LED 무영등은 조사 각도와 설치 간격을 수축, 이완을 조절할 수 있는 구조로 설계되었다. LED를 배치하여 시뮬레이션을 진행하여 조

2.2 LED 광원모듈의 방열설계

LED 조명제품에 가장 중요한 부분은 광학특성 이다. 이러한 광학특성은 입력된 전력의 특성에도 영향을 받지만 LED 칩의 온도에 따라 가장 많은 변화가 발생한다. LED PKG의 열을 제어하지 못하는 경우 발생할 수 있는 문제들로는 수명의 단축, LED 칩의 특성 변화, 주변 부품의 신뢰성의 감소, 온도 변화에 따른 전력 변화 등을 주요한 문제들로 볼 수 있다. 이와 같은 LED PKG의 방열에 대한 문제를 설계 시점부터 반영을 하고자 기구적인 형상을 고려한 시뮬레이션 분석과 실제 개발 제품에 대한 측정을 진행하였다. 이를 그림 2에 나타내었다.

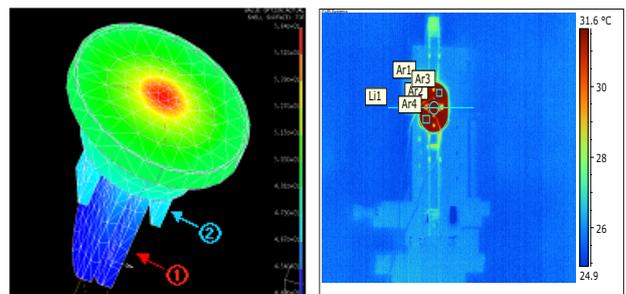


그림 2. 방열설계를 위한 시뮬레이션 및 측정

그림2에 오른 쪽에 시뮬레이션의 결과에서 보인바와 같이 전체 온도는 최대 56℃, 최소 44℃로 전면 커버의 LED 모듈 부근에서 온도가 가장 높은 결과를 나타내었다. 이는 5W LED를 사용할 경우에 대해 시뮬레이션을 수행한 결과이다. 최종의 제품은 1W LED를 사용하여 개발하였는데 이에 대한 열분포의 측정결과를 그림 2의 오른쪽에 나타내었다. 최대 온도는 35℃로 LED의 특성 변화를 유발하지 않는 열적평형을 유지할 수 있는 온도로 관리할 수 있는 방열설계라고 판단할 수 있다.

2.3 전원회로 설계 및 개발

LED를 이용한 수술용 조명등에 사용되는 60W LED 전원공급 장치(SMPS)를 개발하기 위해서는 LED 구동 전압에 맞는 출력 전압 및 전류를 제어하고, 외부에서 발생하는 이상 동작 및 이상 전압·전류가 발생할 경우 전원회로를 보호 할 수 있는 보호회로가 구성되어야 한다. 또한 에너지 효율을 위하여 세계적으로

통상 85%이상의 전원회로에 효율을 규제하고 있으나 고효율을 위하여 60W 전원공급 장치(SMPS)에 높은 효율을 구현하고자 One Stage 방식을 적용하고, DC-DC 부분은 제품의 양산시 가격과 전원회로의 크기를 작게 하기 위하여 Flyback 방식을 이용하여 설계하였다.

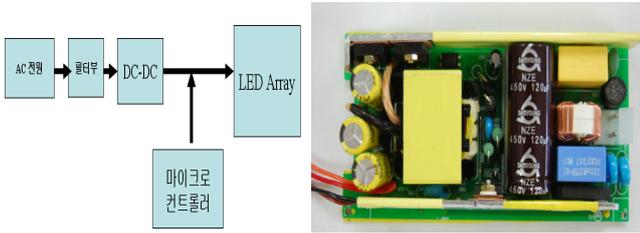


그림 3. LED 모듈용 전원회로 설계

그림3에 나타난 바와 같이 개발한 시제품은 전체 입력범위 (80Vac~ 250Vac, 50/60Hz)에서 83% 이상의 효율을 나타내고 매우 우수한 특성을 가지고 있다.

2.4 구동회로 설계 및 개발

구동회로를 구현하기 위하여 정전류 방식의 Driver IC를 선정하였다. 기능적인 복잡성을 피하기 위하여 안정된 Driver IC를 선정하였다. 선정된 Driver IC를 이용할 경우 회로의 구성을 간단히 할 수 있어 보다 컴팩트한 사이즈의 회로구현이 가능한 장점을 가지고 있다. 40개의 LED를 10개의 직렬구성으로 구분하고 이를 4개의 병렬구성으로 구분하여 구동하였다. 4개의 Port를 통하여 PWM 신호를 입력으로 받아서 광량이 조절될 수 있는 구동회로를 구현하였다. 이에 대한 회로를 그림4에 나타내었다.

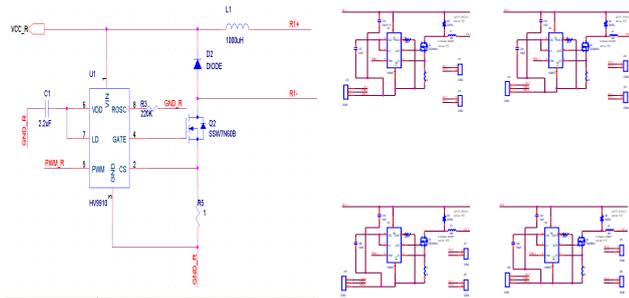


그림 4. LED 구동회로의 설계

2.5 제어회로 설계 및 개발

구동회로에 광량을 조절하기 위한 PWM의 신호를 주고 사용자의 입력에 의해 광량이 조절될 수 있는 제어회로를 구현하기 위해 설계된 회로도라 제작을 위해 설계한 PCB를 그림5에 나타내었다.



그림 5. LED 제어회로의 설계

구동회로에 PWM 신호를 입력으로 주어서 FET를 Enable 할 수 있는 Gate 신호를 연결하였다. FET가 On 되었을 때 FET로 바

로 전원이 인가되지 않도록 Diode를 회로에 추가 하였다. FET의 Pulse 구동에 의해 LED에 Stress가 덜 가해지도록 LED의 전원 인가 쪽에 인덕터를 이용하였다. 전류의 Path는 FET가 On 되었을 때 L1을 통과하여 R1+ 쪽을 통하여 LED를 거치게 된다. LED를 지난 전류가 R1-쪽을 통하여 들어오고 이때 FET는 On 되어 있으므로 전류가 Drain에서 Source로 통하게 된다. 이때 전류는 R5의 Sensing 저항을 거치게 되는데 이것이 전압으로 변환되어 Gate 신호를 조절하는 비교기의 Reference 전압으로 동작하게 된다.

2.6 F/W의 설계 및 개발

MicorController는 그 자체가 수행할 수 있는 명령어의 Set을 가지고 있다. 이러한 일련의 명령어를 순차적으로 나열하여 사용자가 처리하고자 하는 일을 처리하게 된다. Micom의 내부 Flash Memory에 Program Code를 올리게 된다. Firmware 구현에 있어서는 CMS IC 내부 레지스터를 선언한 부분, Calibration Mode와 Normal Mode를 정의한 부분, TWI 통신을 위한 부분, Serial 통신을 하기 위한 부분등으로 구분되어져 있다. 이들은 각각 Main.h, BLUTest.c, Timer.h, Timer.c, TWI.h, TWI.c, Uart.h, Uart0.c, Uart1.c로 각각 구성이 되어져 있다.

3. 결 론

본 연구에서는 HB LED를 이용하여 수술용 무영등에 적합한 LED를 이용한 무영등 제품개발을 하였다. LED 구동회로 및 제어회로, 그리고 LED module을 개발함으로써 수술용 무영등 시스템을 구성할 수 있는 요소들의 기술력을 확보하였다. LED 무영등에 적합한 LED Array를 구성하고 최적 제어를 하기 위한 구동회로와 마이크로 컨트롤러 및 Sensor를 통한 CMS 기능의 제어회로를 시제품으로 개발 하였다. 본 연구에서 개발된 LED 무영등 시제품을 시험 및 측정된 결과는 다음과 같다.

1. 다양한 HB LED를 전기적, 광학적 특성을 측정된 결과 LED 무영등에 적합한 LED를 선택하였고 선정된 LED 특성에 적합하도록 동작개수 및 광학적 배치, Array module을 구성 하였다.
2. LED 개수에 맞는 동작전압 및 적절한 전류조건을 찾아서 차후에 전원용 Power supply 개발에 유용한 조건을 찾을 수 있었다. 개발된 구동회로에 있어서 LED 구동전류는 350mA, 소비전력은 50W, 조도는 20,000 lux 이었다.
3. 마이크로 컨트롤러와 CMS IC와의 TWI 통신을 통하여 관련 레지스터의 Setting 및 CMS 기능을 위한 Firmware를 구현하여 CMS 기능을 할 수 있는 알고리즘 및 코드를 구현하여 시제품을 제작하였다.
4. 차후 디자인 변경을 고려한 대처가 가능하도록 시제품이 설계되어서 연동부분에 대한 제어회로 구현에 가능성을 구현하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] Gerd O. Mueller, et al., "Light emitting diodes for solid state illumination," International Display Work-shops 2000, pp.821-824, 2000.
- [2] S. Muthu, F. Schuurmans, and M. pashley, "Red, green, and blue LEDs for white light illumination," IEEE Journal on selected Topics in Quantum Electronics 8(2), pp.333-338, 2002.
- [3] 송상빈, 강석훈, 여인선, "RGB 발광다이오드를 이용한 광색가변형 전구의 설계", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 1730-1732, 2002.
- [4] CIE, "Calculation and Measurement of Luminance and Illuminance in Road Lighting ", Technical Report , Pub 30-2, 1982, 2/e
- [5] 日本照明學會, "ライティングハンドブック 第2版", Ohmsha, 2003년 11월, pp410~413
- [6] 日本照明學會, "道路照明のビツヒリティレベルに?する研究調査委員會報告書", 2002년 3월, pp10
- [7] 노의철, 정규범, 최남섭, "전력전자공학", 문운당 2005, pp218 ~232