

고출력LED를 이용한 치과의료용 수술등의 최적설계 Optimum design of an astral lamp for dental surgery high power LED

* 문지혜¹, #이호재¹, 홍기태²

*J. H. Mun(jihyeqwe@kitech.re.kr)¹, # H. J. Lee(lee2003@kitech.re.kr)¹, G. T. Hong(gitaevoco@hanmail.net)²

¹ 한국생산기술연구원, ² (주)에스디엠

Key words : astral lamp, high power LED

1. 서론

현재 국내에서 사용되고 있는 수술등은 대부분이 광원으로 할로젠램프(Halogen Lamp)와 플라즈마램프를 사용하고 있으며, 할로젠 램프 방식의 수술등은 국내의 소수업체 만이 생산하고 있고, 플라즈마 램프 방식은 100% 수입에 의존하고 있다. 할로젠 램프와 플라즈마램프를 이용한 수술등은 수명이 수백 내지 수천 시간 정도여서 램프를 자주 교환시켜야 하는 불편함이 있고, 내부온도를 20℃ 내외로 유지해야하는 수술실에서 광원램프의 과도한 열발생을 억제하기 위하여 냉각장치의 부피가 커지는 상황을 발생시킨다.

이러한 문제점을 개선할 수 있는 방안으로 고출력LED를 이용한 의료용 수술등의 개발이 일부 진행되고 있다. 고출력LED를 이용한 수술등은 수명이 길고, 형광체를 이용하여 고연색성 광원을 구현함으로써 눈의 피로감을 덜고 환자의 수술부위를 정확하게 구분할 수 있으며, 자외선을 근본적으로 제거함으로써 세포조직에 안전성을 높일 수 있는 특징이 있다.

본 연구에서는 수술등의 차세대 핵심 부품으로 주목받고 있는 LED광원모듈과 이에 적합한 반사경을 개발하는 것으로 Visual C++ 프로그램을 이용한 기본설계 과정과 3D모델링 및 조명광학설계 프로그램인 OPTICSWORK를 이용한 시뮬레이션을 수행하여 조명모듈과 반사경을 위한 최적형상을 도출하였다.

2. 기본설계

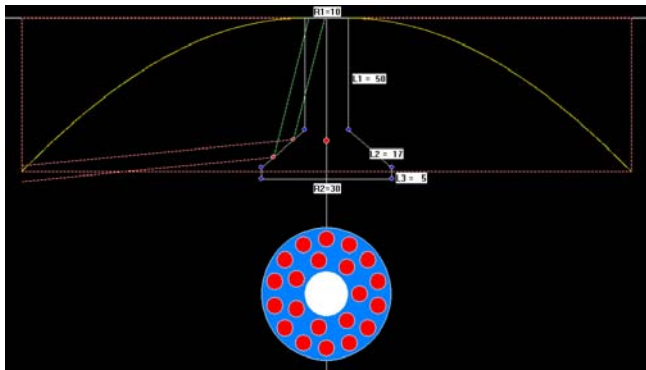


Fig. 1 Basic design of astral lamp using visual C++

기본설계를 위하여 사용된 제한 조건은 조명부위의 조도와 반사경의 형상으로서 기존 치과의료용 조명기기에서의 조건을 관련분야의 전문가 의견을 반영하였다.

반사경의 기본형상은 포물경과 타원경을 비교하여 수술부위의 가시도에 좀더 유리한 타원경을 선정하였으며, 조명모듈은 수술부위의 조도를 확보하기 위하여 DIP type의 고출력LED를 원형의 2단 배열로 설계하였다. Fig. 1은 반사경의 형상과 광원모듈의 형상변화를 반영하여 LED광원의 반사과정을 도식적으로 추정하기 위하여 개발된 프로그램의 결과를 보여준다. 다양한 광원모듈의 형상을 가정하면서 LED로부터 발산되는 광선의 전과과정을 유추할 수 있도록 구성되었다.

이를 이용하여 수술등이 적용되는 수술부위의 조도와 가시도를 확보할 수 있는 반사경의 기본치수와 광학모듈의 기본치수 및 조명방식을 결정하였다. LED광원모듈의 크기는 조명부위의 그림자 형성이 최소화되도록 하였으며, 포물면처럼 빛이 직선으

로 떨어지지 않고 초점위치로 모아주는 타원면을 반사경의 기초형상으로 정하였다. 또 광원모듈의 높이는 LED의 지향각으로 인한 빛의 손실을 최소한으로 할 수 있는 높이(50mm)로 설계하였다.

기초 설계상에서 가정한 점광원(초점)과 면발광 소자인 LED 광원의 조건이 매우 상이하기 때문에 이에 대한 보완을 위하여 3D모델링을 통한 조명광학계 광학특성에 관한 시뮬레이션을 수행하였다.

3. 조명광학계 시뮬레이션

조명광학 시뮬레이터로 OPTICSWORKS를 사용하였다. OPTICSWORKS는 3D CAD/CAM 소프트웨어인 SOLIDWORK과 조명광학설계 프로그램 SPEOS가 합쳐진 것으로 기존의 조명설계 프로그램에 비하여 3D모델링이 보다 쉽고, 모델링과 해석분야의 호환이 안정적이라는 장점이 있다.

기본 설계된 반사경과 광원모듈의 치수를 초기값으로 광원모듈의 높이(H), 광원모듈의 형상, LED형상 및 반사경의 크기를 변화시키면서 조명부위의 조도 및 가시도를 시뮬레이션하였다. 이때의 실험조건은 아래의 Table 1과 같다.

Table 1 the condition of simulation

LED power	3W x 21 ea
Spectrum	White LED
ray number	50,000,000
detector	1M
Map size	500x500 mm
sampling ray	2mm당 1ea
조도 & 가시도 측정영역	150x150 mm
광원모듈 높이 H	35/38/40/45/48/50

3.1 광원모듈의 높이

조명부위의 조도와 가시도에 가장 큰 영향을 미칠 것으로 예상되는 광원모듈의 높이(H)를 변화시키면서 Table 1에서와 같은 조건으로 조도 및 가시도의 변화를 분석하였다.

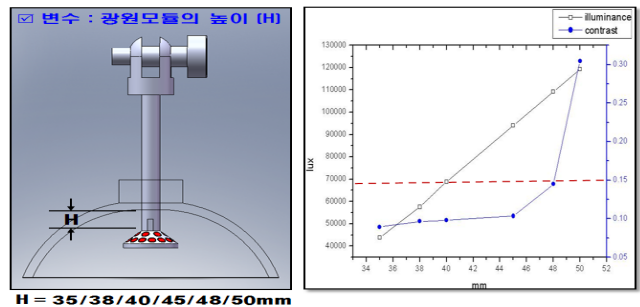


Fig. 2 Illuminance & Contrast measurements vs. module height

시뮬레이션 결과 Fig.2에서 보는 것과 같이 기본설계 치수인 H=50mm에서 가장 큰 조도값을 보이고 있는 반면에 가시도가 매우 떨어지는 상황임을 알 수 있다. 따라서 가시도 85% 이상 (contrast 0.15이하)을 확보하면서 조도가 설계사양(22,000 Lux)을 초과하는 광원모듈의 높이 H=48 mm를 최적치수로 선정하였다.

3.2 광원모듈 형상

기본설계 프로그램에서는 단순히 광원의 진행방향 만을 고려하여 손실을 최소화하는 방향으로 검토하였으며, 3D 시뮬레이션에서는 크게 광원모듈의 형상을 기본치수를 중심으로 아래의 그림과 같은 원추형과 원통형을 비교 검토하였다.

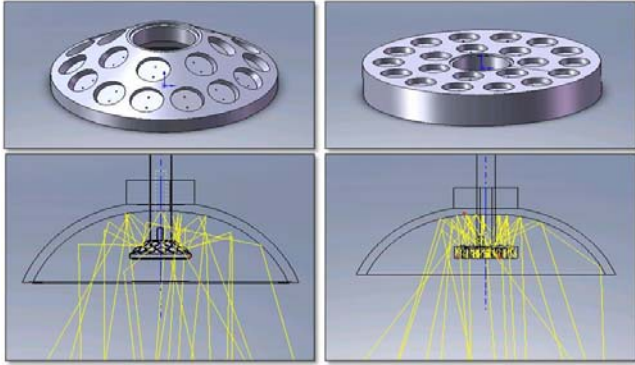


Fig. 3 Light module's shape & ray tracing

위의 결과에서도 알 수 있듯이 원통형의 경우에는 광원모듈에 의한 빛의 차단과 반사경의 불일치로 인한 면적효율이 매우 감소하게 된다. 따라서 아래의 Fig. 4와 같이 원추형 광원모듈의 형상이 단일의 타원경으로 구성된 반사경에 있어서는 최적임을 알 수 있다.

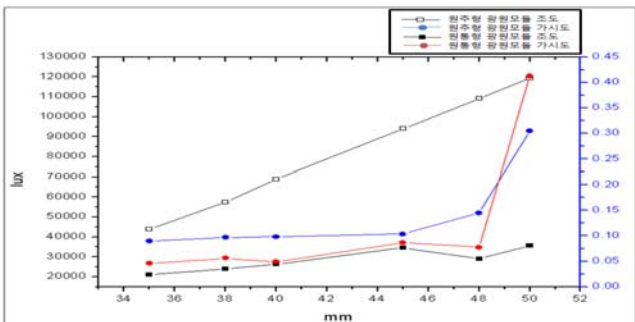


Fig. 4 Effect on changing light source module's shape

3.3 LED 형상

LED광원모듈에 사용된 LED의 형상은 LED 칩(chip)의 본딩과정 후에 에폭시를 몰딩(molding)하는 과정에서 결정된다.

사용되는 LED의 형상과 조도/가시도에 미치는 영향을 보면 Fig. 5와 같이 LED의 곡률반경이 커질수록 미미하나 조도 값이 향상되었음을 확인하였다. 이는 곡률반경이 큰 LED일수록 지향각에 의한 빛의 집중도가 높아 반사경의 반사효율이 증가하고 이로 인하여 조도값이 향상되는 것을 보여준다. DIP형식의 고효율LED를 조명광원으로 이용하는 경우에는 가급적 에폭시로 인한 곡률반경을 최대화 하는 것이 좀 더 유리함을 알 수 있다.

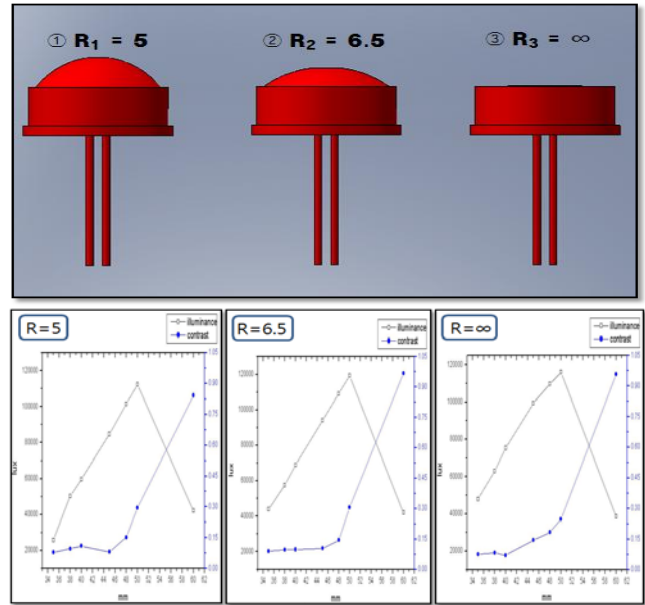


Fig. 5 Result of a simulation according to radius of curvature

3.4 반사경 크기

기본설계상의 반사경 크기 280 mm를 기준으로 반사경의 직경(D)을 변화시키고 조도와 가시도를 분석하였다.

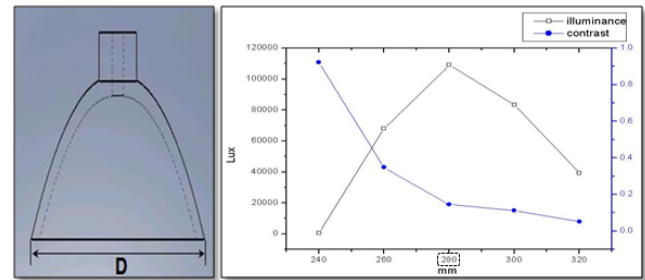


Fig. 6 Result of a simulation according to the size of mirror

Fig. 6에서와 같이 반사경의 직경(D)이 280mm에서 조도값이 최대값을 가지며, 가시도 역시 양호한 것으로 나타나고 있음을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 의료용 수술등의 진단계인 치과의료용 수술등을 위한 고효율LED광원모듈과 반사경을 개발하는 것을 목적으로 visual C++를 이용한 기본설계 및 OPTISWORKS를 이용한 조명광학 시뮬레이션을 수행하였다. 조명부위의 조도와 가시도를 기본설계 사양으로 하여 개발된 LED광원모듈과 반사경은 현재 제작이 진행중이며, 제작공정에는 전기주조 방법이 사용될 예정이다.

후기

본 연구는 2008년 중소기업기술혁신개발사업의 일환으로 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. OPTICWORKS Technical Report