

치과 수술용 LED 광원모듈의 최적화

정연오*, 홍기태⁺, 김재열⁺⁺, 김성현⁺⁺⁺, 안영진⁺⁺⁺, 한재호⁺⁺⁺⁺

(논문접수일 2011. 01. 05, 수정일 2011. 05. 11, 심사완료일 2011. 05. 19)

The Optimization of an Operating Dental LED Light Source Module

Yeon-Oh Jung*, Gi-Tae Hong⁺, Jae-Yeol Kim⁺⁺, Sung-Hyun Kim⁺⁺⁺, Young-Jin An⁺⁺⁺, JaeHo Han⁺⁺⁺⁺

Abstract

The internal temperature of an operating room had to keep within 20°C. However, the doctor who is wearing operating gown and mask caused to rise temperature because of the thermal occurrence of dental LED light source. At first, the surgery environment is getting worse. And then last, it would increase bleeding rate by the expansion of patient's exposed blood vessel. A surgical operator can distribute the patient's tissue through such surgery environment, exactly. It can do accurate surgery. So, it gave to effect that surgical operator's eye condition is getting better and it could keep a mutual assistance system. For this research, we develop the LED dental light source module of high color rendition. It performed simulation for replacing established the method of Halogen lamp and Plazma lamp of light source. We analyzed intensity of illumination and the change of viability by changing the height of light source module.

Key Words : Visibility(가시도), Light source module(광원모듈), LED Lamp(LED 램프), Post-treatment Reflector(반사경 후 처리)

1. 서론

국·내외 치과 LED 광원모듈의 광원으로 할로겐 램프(Halogen Lamp), (Plazma lamp), (LED Lamp) 방식으로 사용되고 있으나 고출력 LED램프가 상용화 되면서LED응용 의 료기기가 계속 개발되고 있고 LED 램프 방식의 치과 LED 광원모듈의 기술개발을 위한 투자가 대대적으로 진행되고 있다. 국내외 주요 치과 LED 광원모듈 생산업체로는 일본, 독일, 미국이 있으며, 국내의 업체로는 (주)중외 메디칼, (주)유니엠, 한독이 있지만 시장 점유율이 매우 저조한 상태이다. 기

존의 치과 LED 광원모듈은 할로겐램프 방식과 플라즈마 램프 방식이 적용되어왔으나 할로겐램프 방식은 치과, 내과, 일반의과, 산부인과에서 주로 사용되고 있다. 플라즈마 램프방식은 신경외과와 흉부외과에서 정밀하게 시술되는데 사용되어 왔으나 플라즈마 램프 방식의 값비싼 비용으로 시장 점유율이 미미하고 기존 치과 LED 광원모듈의 광원으로 사용되는 할로겐램프 와 플라즈마 램프의 수명이 수백 내지 수천 시간 정도로 램프를 자주 교환하여야 하는 불편함과 램프에서 발생하는 고열이 이동용 소형화 하는데 문제가 되고 있다. 수술실의 내 부온도는 20도 내외로 설계되어 있지만 치과 LED 광원모듈

* 엠엔티(주)

+ 엠엔티(주)

++ 교신저자, 조선대학교 메카트로닉스공학과 (jykim@chosun.ac.kr)

주소: 501-759 광주광역시 동구 서석동 375번지

+++ 조선대학교 첨단부품소재공학과

++++ 송원대학교 기계자동차학과

의 열 발생으로 인해 공조 시스템이 저해된다. 따라서 수술복에 가운을 덧입고 수술모자와 마스크까지 한 의사의 체온상승을 유발시킴으로써 수술환경이 급속하게 악화되어 환자의 노출된 혈관이 팽창하여 출혈량이 증가하게 된다. 따라서 본 논문에서는 이러한 수술환경의 개선을 통해서 시술자가 환자의 조직을 정확하게 구분 할 수 있도록 하여 정밀한 수술이 가능하도록 하고 공조 시스템의 저해를 방지하는 고연색성 LED 칩과 LED 광원모듈을 연구개발 하고자한다.

2. 광원모듈 개발

2.1 광원모듈 설계

22,000LUX이상의 조도를 확보하기 위하여 기본적으로 LED를 원형 2줄로 배열하였다. 조명모듈의 LED몸체의 크기는 조명부위의 그림자를 형성시킬 수 있는 관계로 최소화하였으며, 반사경의 기초형상은 빛이 직선으로 떨어지는 포물면보다 빛을 다른 초점위치로 모아주는 단일의 타원면으로 구성하였다. 기본설계 프로그램의 작성은 비주얼 C++를 사용하였고 아래와 같은 화면 구성과 LED 광원모듈의 기본 치수를 판단하기 위한 기능을 구현하고 있다.

광선추적프로그램을 통해 얻은 치수를 바탕으로 3D모델링을 하였으며, 기초 설계상에서 가정한 점광원(초점)과 면발광

소자인 LED광원의 조건이 매우 상이하기 때문에 이에 대한 보완을 위하여 시뮬레이션을 수행하였다.

2.2 반사경 및 광원모듈 설계

2.2.1 광원모듈 1차 시제품 설계(Cr도금)

일반적으로 반사경이라 하는 것은 초정밀 가공으로 하지만 시제품 반사경은 빠른 시간에 가공되는 기계가공 방식으로 제작되었으며, 표면에서 반사율을 향상시키기 위하여 크롬도금을 하였다. 광원모듈은 열전도성이 높은 동합금을 사용하여 가공하였고 후처리반 반사경과 동일한 도금처리를 하였고 광원모듈의 냉각을 위하여 광원모듈의 중앙부는 중공타입이다.

1차 시제품의 측정 결과는 광원모듈 높이 40mm 근방에서의 최대조도가 9000 Lux으로 측정 나타내고 있으며, 시뮬레이션의 결과와 같이 가시도는 악화되지만 조도는 일부 상승하다가 감소하는 추세이다. 하지만 측정값과 시뮬레이션 값의 차이가 크게 나타나고 있음을 알 수 있는데, 이러한 결과는 전원장치의 공급전류가 정격전류를 넘어서서 과전류가 흐르고 있는 것으로 추정된다.

2.2.2 광원모듈 시제품 설계(Al 코팅)

시뮬레이션 결과에 따라 표면의 반사율을 향상시키기 위하여 1차 시제품 크롬도금에서 알루미늄 코팅으로 바꾸어 제작

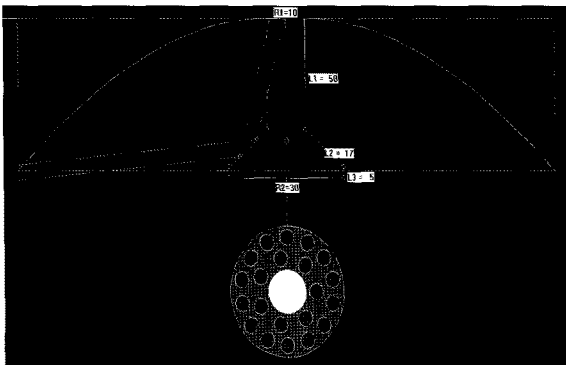


Fig. 1 The performance of light beam tracking program

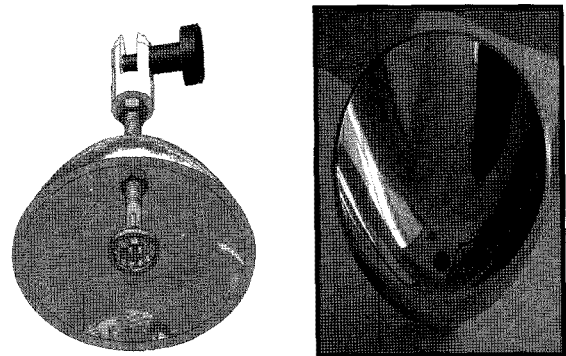


Fig. 3 Chrome plated reflector

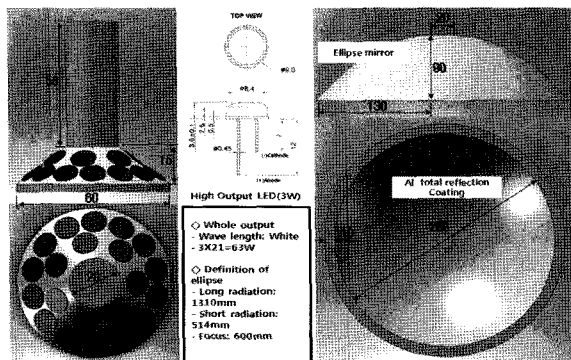


Fig. 2 The 3D design of light source module

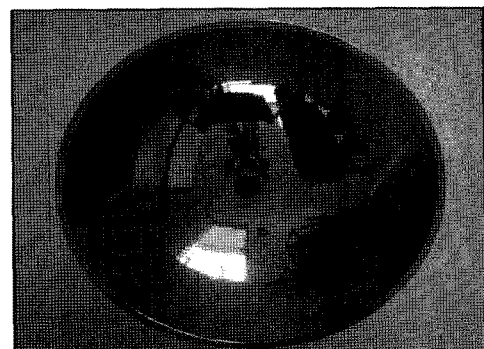


Fig. 4 Aluminum coated reflector

하였고 2차 시제품 반사경 역시 1차 시제품과 동일하게 기계 가공 방식을 사용하였다. 시뮬레이션 결과를 미루어 보아도 Al-mirror보다 Cr-mirror가 약 30% 더 높은 조도가 나오는 것을 알 수 있었으며, 측정결과 1차 시제품 크롬 도금의 최대 조도 9000Lux에 비하여 4000Lux 향상된 13000Lux가 나왔다. 이는 알루미늄 코팅이 크롬도금에 비하여 더 좋은 반사율을 가지고 있음을 말해주고 있으며 추후 반사경 가공을 기계가공 방식이 아닌 초정밀 가공으로 바꾸어 제작하고 LED광원의 출력이 높은 것을 사용할 경우 좀 더 높은 조도를 확보할 수 있을 것으로 예상된다.

3. 반사경광원모듈 개발 프로그램

3.1 컴퓨터 시뮬레이션 및 시제품 설계

광원의 형상에 가장 큰 영향을 미칠 것으로 예상되는 광원모듈의 높이(H)를 변화시키면서 조명부위(수술부위)의 조도 및 가시도의 변화를 분석하였다. 이때 사용된 LED칩의 특성은 공급업체의 제시사양을 입력 데이터로 활용하였고 광원의 스펙트럼 분포는 일반적으로 사용되는 백색광의 파장 및 세기를 사용하였다.

3.2 반사경 후 처리

전원장치 제작과 주변 악세사리의 설계 제작을 위하여 반사경 시제품을 우선적으로 확보하기 위한 방법으로 S45C 소재를 직접가공 하였다. 후처리로는 Cr도금과 Al코팅을 하여 서로 조명효과를 비교하였다.

시뮬레이션 결과에서 가시도와 최대조도 & 평균조도를 픽업하고, 광원모듈의 높이를 변화시킨 결과 Cr도금과 Al코팅의 경우에 모두 가시도 80%이상(contrast 0.2이하)이면서 조도가 가장 높은 광원모듈의 높이는 40mm임을 알 수 있다. 이를 토

대로 반사경과 광원모듈의 제작사양을 결정하였다. 반사경의 후처리에 있어서는 1차적으로 Cr도금을 하고, 조명효과를 측정 한 후에 Al코팅을 수행하였다.

3.3 1차 시제품 측정 결과

1차 시제품의 측정 결과는 Fig. 8 과 같다. 광원모듈 높이

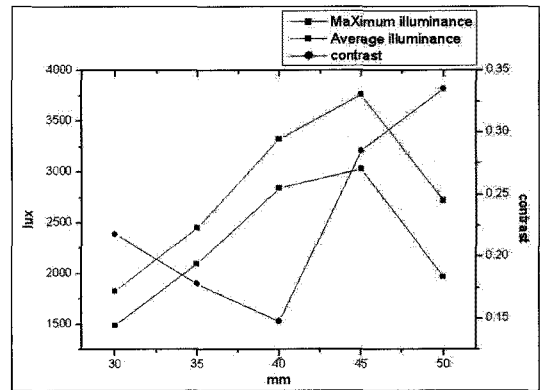


Fig. 6 Post-treatment in Chrome plated reflector

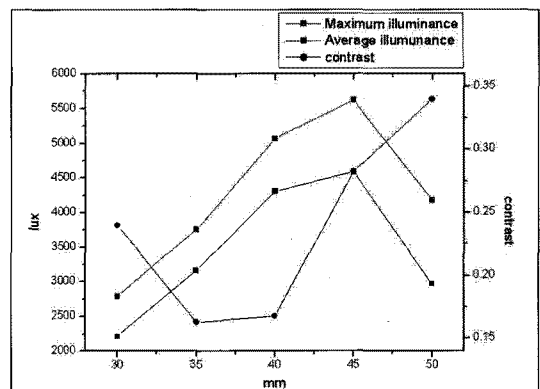


Fig. 7 Post-treatment in Aluminum coated reflector

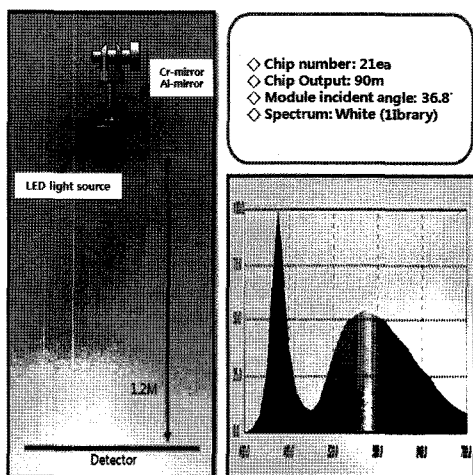


Fig. 5 Spectrum distribution of light source

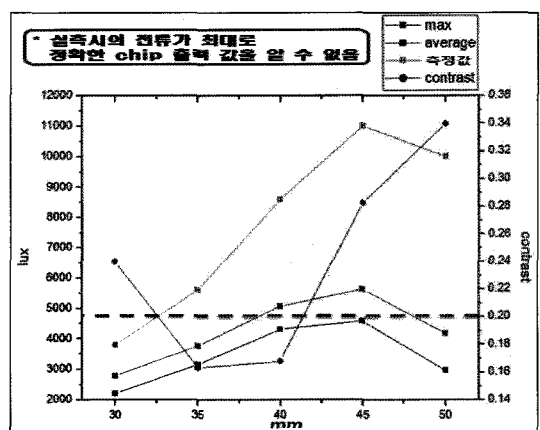


Fig. 8 Primary measurement results of light source

40mm 근방에서의 최대조도가 9000 Lux으로 측정 나타나고 있으며, 시뮬레이션의 결과와 같이 가시도는 악화되지만 조도는 일부 상승하다가 감소하는 추세이다. 하지만 측정값과 시뮬레이션 값의 차이의 파악이 가능하였다. 이 결과는 전원장치의 공급전류가 정격전류를 넘어서서 과전류가 흐르고 있는 것으로 추정된다. 시뮬레이션 결과에 따라 표면의 반사율을 향상시키기 위하여 1차 시제품을 크롬도금에서 알루미늄 코팅으로 바꾸어 제작하였으며 측정결과 1차 시제품 크롬도금의 최대조도 9000Lux에 비하여 4000Lux 향상된 13000Lux가 나왔다. 이는 알루미늄 코팅이 크롬도금에 비하여 더 좋은 반사율을 가지고 있다는 것을 알 수 있다. 추후 반사경 가공을 기계가공 방식이 아닌 초정밀 가공으로 바꾸어 제작하고 LED광원의 출력이 높은 것을 사용할 경우 좀 더 높은 조도를 확보할 수 있을 것으로 예상된다.

3.4 2차 광원모듈에 대한 시뮬레이션 및 설계

광원모듈의 1차 시제품 제작과 시뮬레이션을 통해 목표치의 조도를 얻기 위한 방법의 하나로 LED칩을 변경하는 것이다. 제품의 균일도가 이미 검증되어 있는 Cree사의 2W 백색LED를 사용하였다. 반사경과 모듈의 조건을 유지하며 LED칩만을 변경하였을 때의 시뮬레이션을 통해 조도의 향상여부를 살펴 보았다. 이때의 광원의 발광특성은 Fig. 9과 같다.

3.5 3차 광원모듈에 대한 시뮬레이션 및 설계

1차 기본설계 프로그램을 바탕으로 광원모듈의 형상과 LED칩의 배열 및 임의로 광원모듈상의 원주면 경사각을 설정한 값으로 조명효율을 개선시키고자 하였다. 아울러 반사경의 높이와 지름의 변화에 따른 연속적인 광선의 변화를 표시하여 좀 더 효과적으로 반사경 설계인자(높이(H), 지름(D), 단축(B))의 조명효과에 미치는 영향을 시각화 할 수 있었다. 추가 기능으로는 광원모듈 경사면의 각도를 기존의 단일각에서 이중각으로 분리하여 1열과 2열에서 발생되는 백색광을 좀 더

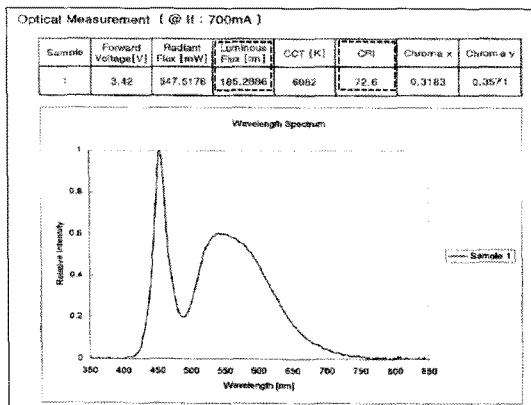


Fig. 9 Secondary light source module simulation

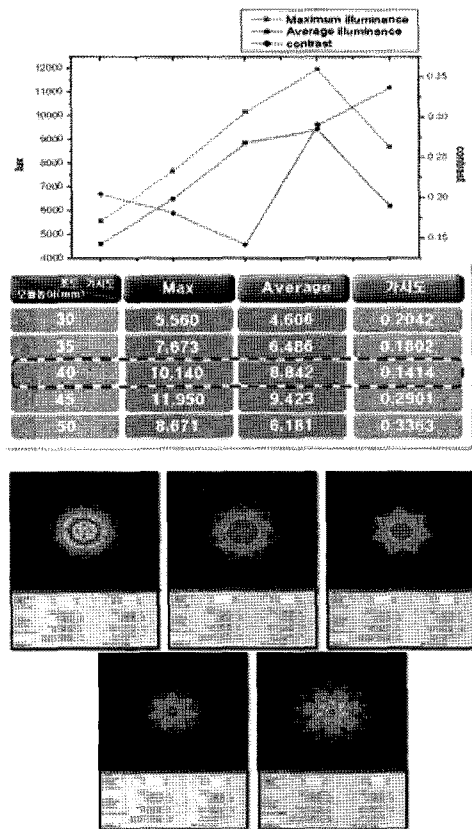


Fig. 10 The result of secondary light source module simulation

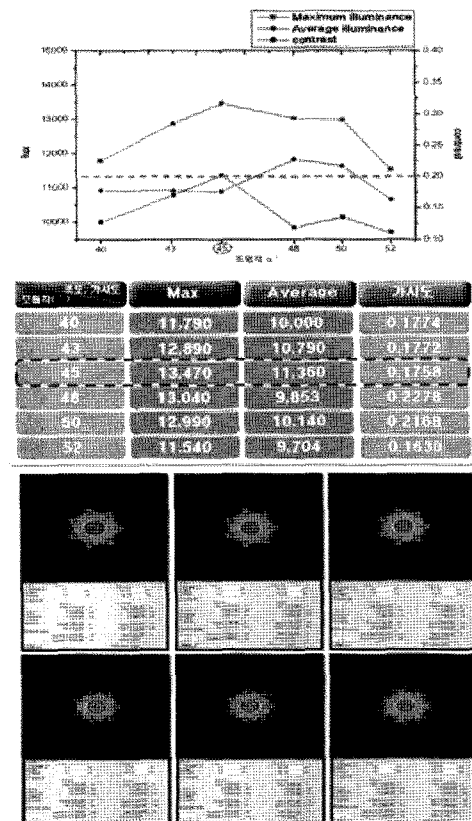
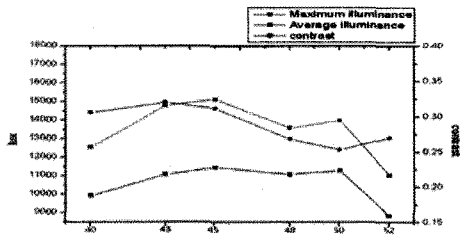


Fig. 11 Illuminated angle according to H=40

효과적으로 반사경에 전달함으로써 반사경의 효율을 극대화할 수 있는 방법을 찾을 수 있었다.

3.5.1 경사각(α)에 대한 시뮬레이션

광선추적 프로그램을 통해 LED 방열을 고려한 제작에 영향을 미치지 않는 조건으로 광원모듈의 조명각을 변화시켜 시뮬레이션을 수행하였다.



가시도	Max	Average	가시도
40	12,530	9,939	0.3058
43	14,770	11,030	0.3197
45	15,120	11,490	0.3115
48	13,590	11,080	0.2681
50	14,000	11,300	0.2534
52	11,050	8,857	0.2697

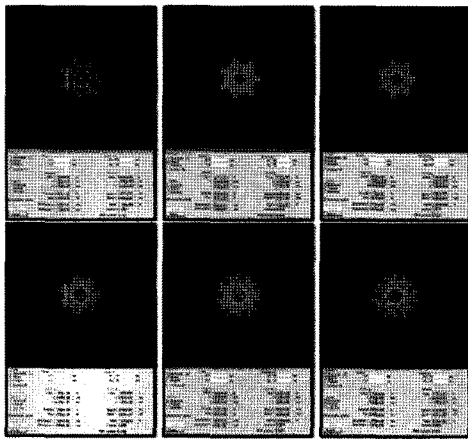


Fig. 12 Illuminated angle according to H=45

3.5.2 실측 데이터 비교

광선추적 프로그램을 통한 3차 광원모듈을 정하고 제작하여 실측한 결과는 Fig. 13과 같다. 시뮬레이션 결과와 측정값의 경향은 거의 일치하고 있으며, 최대 조도값에 있어서는 측정값이 약간 큰 값을 보이고 있다. 이것은 전원장치로부터 공급되는 동작전류의 증가에 따른 효과라고 판단된다.

4. 결론

치과 수술용으로 수술 환경개선 및 정밀수술을 위한 LED광원 모듈의 최적화에 관한 연구결과는 다음과 같다.

- (1) 최대조도 13000Lux를 통해 알루미늄 코팅이 크롬도금에 비하여 더 좋은 반사율을 가지고 있음을 확인하였다. 그리고 반사경 설계인자(높이(H), 지름(D), 단축(B))의 조명효과를 시각화하는데 반사경의 높이와 지름의 변화에 따른 연속적인 광선의 변화를 표시하여 이를 가능하게 하였다.
- (2) 광원모듈 경사면의 각도를 기존이 단일각에서 이중각으로 분리하여 1열과 2열에서 발생하는 백색광을 좀 더 효과적으로 반사경에 전달함으로써 반사경의 효율을 극대화 시켰다.
- (3) LED 방열을 고려하여 제작된 히트파이프의 제작비용을 절감하고 제작상 LED 고정링의 최소치수를 고려하여 경사각을 최적치의 근접치수인 52°로 제 3차 광원모듈의 제작을 하였고 경사각 52°는 가시도 85%(0.15)의 가장 근접한 0.16의 가시도를 나타내고 있다. 시뮬레이션 결과 가시도 0.2 이하 이면서 조도가 가장 높은 값을 나타내는 조명각은 H=40일 때 $\alpha=45^\circ$ 로 나타났다.
- (4) LED광원을 이용한 치과 LED 광원모듈 개발이 사업화 되면, 기존의 에너지 소비가 많은 시스템의 에너지 소비를 저감시키고 연색지수를 자연광에 가깝게 구현할 수 있어, 시술자의 선호도가 높아질 것이며, 이에 따른 수요가 대폭 급증하고 향후 수입에 의존해온 치과 LED 광원모듈의 수입 대체효과가 매우 클 것으로 기대된다.

후기

“이 논문은 지식경제부지정 조선대학교 치과용 정밀 장비 및 부품 지역혁신센터의 연구비 지원에 의해 연구되었음”

참고 문헌

- (1) Chung, K. W., 2004, “A Research on the Preference to Luminous Colors by Trichromatic LED Module,” *J. KHEE*, Vol. 18, No. 3, pp. 55~58.
- (2) Mun, J. H., Lee, H. J., and Hong, G. T., 2009, “Optimum Design of an Astral Lamp for Dental

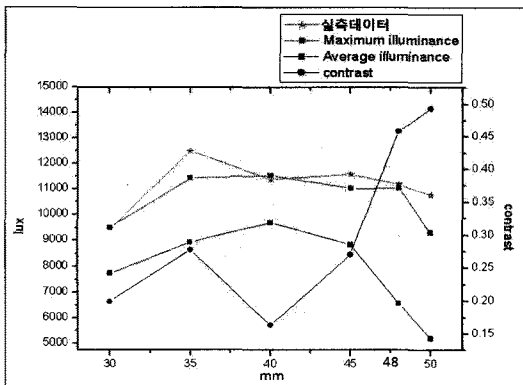


Fig. 13 The actual measurement result of tertiary light source module

- Surgery using High Power LED,” *Proceedings of the KSPE 2009 Spring conference*, pp. 403~404.
- (3) Hwang, M. K., Shin, S. W., Cho, M. R., Lee, S. H., Lee, Y. J., and Kim, J. S., 2009, “Optical and Performance Characteristics Analysis of LED Light Source,” *Proceedings of the KIIEE 2009 Spring conference*, pp. 170~173.
- (4) Lee, S. H., Yi, J. S., and Lee, S. J., 2006 “The Study of White Uniformity Improvement in TFT LCD using LED,” *Proceedings of the KIEE 2006 Autumn conference*, pp. 1665~1666.
- (5) Chung, K. W., 2004, “A Study on the Interactive Lighting Methods by LED Light Module & Sensor,” *J. KIIEE*, Vol. 18, No. 3, pp. 1~6.