

## LED를 이용한 치과 치료용 등기구 개발

최금연, 어익수  
호남대학교 전기공학과

### Development of Dental Treatment Using LED Lighting

Keum-Yeon Choi, Ik-Soo Eo  
Honam University

**Abstract** - 본 논문은 LED를 이용한 치과 치료용 장비의 모듈 제작 시뮬레이션 실험 논문이다. Auto CAD를 사용하여 모델링 하며, Photo-Pia 소프트웨어로 실험을 진행 한다. LED 모듈은 직선으로 배열하며, 빛의 확산을 방지하기 위해 반사판의 모양은 타원의 형태로 제작한다. LED의 광원의 Spec. 및 반사판의 Tilt Angle 변화를 통해 기존의 치과 치료용 장비와 비교 분석을 하며, COMSOL Multiphysics를 통해 열 해석을 한다. 그 결과, 시뮬레이션을 통해 실제 제작 하지 않고 유사한 결과를 도출할 수 있다.

#### 1. 서 론

치과용 유니트체어 진료등은 기존 Halogen Lamp 및 Plasma Lamp 방식으로 이루어져 있으며, 이는 가공 치아와 인접치아와의 Shade matching이 어려우며 특히, Metal Porcelain의 Build up시 색상을 더 진하게 표현하고 싶어 스테인 했는데 구강 내에서 확인해보면 아무변화가 없는 것은 광원이 가지고 있는 연색성 및 색온도의 차로 인하여 시술방식과 가공의 오류를 범하고 있기 때문이다. 이러한 문제점을 보완하고 해결하는 방법의 하나로 고연색성 LED를 적용한 치과용 유니트체어 진료등이 대두되고 있다. 기존의 치과용 유니트체어 진료등 구조에 고연색성 LED를 적용하고 진료등 빛의 밝기를 제어할 수 있는 전원장치를 부착하여 치과외과 시술환경 등에 따라 용이하게 활용할 수 있게 치과용 유니트체어 진료등을 개발하고 있으며, 일부 선진국에서 개발되고 있는 치과용 유니트체어 진료등은 기존 진료등 성능에 Shade Matching Light 기능을 추가한 제품들이 출시되고 있다.

본 논문에서는 LED를 이용한 치과 치료용 장비의 모듈을 Photo-pia 와 COMSOL Multiphysics 소프트웨어를 구동하여 시뮬레이션 및 열 해석을 실험 한다.

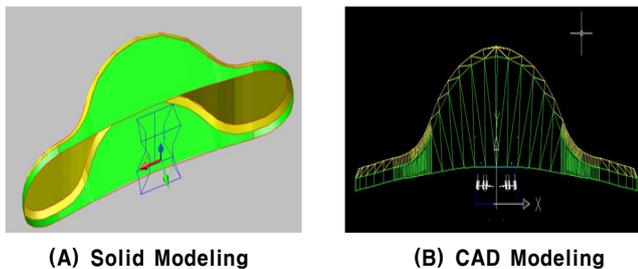
#### 2. 본 론

##### 2.1 실험 과정

##### 2.1.1 실험 과정(배광설계)

본 실험은 Auto CAD를 사용하여 모델링을 하며, Photo-Pia 소프트웨어로 실험을 진행 한다. LED Module 3D 설계 및 배광 시뮬레이션의 LED Spec.은 3.5[W]급, NS9L153 Warm White(350mA)를 사용하였으며, 30[W]급 광학설계(LED Chip 3.5W X 6, 2열 Array)를 통한 광원 효율을 향상을 유도 하였다.

또한, 배광시뮬레이션을 통한 목적배광 및 최적 배광 도출하기 위해 입사각변경을 통한 배광 각은 약 90도로 설정하였다[1].

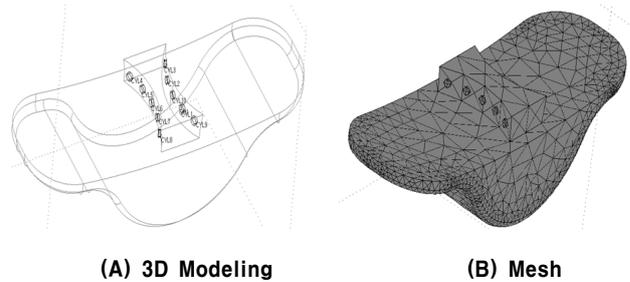


<그림 1> 3D Module Modeling

<그림 1>의 (A) Solid Modeling을 (B) CAD Modeling을 통해 도면 제작 후 Photo-Pia를 이용 Import CAD File 설정 3.5[W]급 N사의 LED를 적용하였다.

##### 2.1.2 실험 과정(열 해석)

시뮬레이션과정의 기본 열 해석 지배식인 전도는 고체 매질을 통해 일어나는 열전달 형태로 물체 내에 온도구배가 존재할 때 열은 고온에서 저온부로 전달된다. 미시적 관점에서 보면 물질 내 원자나 분자의 상호작용에 의해 열이 전달되며, 즉 원자 격자의 진동과 자유전자의 이동에 의해 인접한 분자에 에너지를 전달하는 실제의 열 유동률은 매질의 물성 값인 열전도계수 K에 좌우되며, 열전도 법칙인 Fourier's Law을 적용 하였다.



<그림 2> 열 해석 Modeling

<그림 2> (A) 3D Modeling을 통해 (B) Mesh의 Sub-Domain Setting과 Boundary Setting 후 모듈의 열 해석을 하기 위한 Scale Factor를 설정한다. 또한, COMSOL Multiphysics에 있는 Heat Transfer Module의 Transient Analysis를 활용, PCB에 3[W]급 LED를 배치하여 열의 흐름과 분포를 확인한다.

$$Q = -k \cdot A_C \cdot \frac{\Delta T}{L} \quad \Delta T = \frac{Q \cdot L}{k \cdot A_C} \quad (1)$$

Q= 열 유동비 (W)

k= 열전도도(W/m.K)

$A_C$ = 방열판의 열 유동 면적( $m^2$ )

$\Delta T$ = 차동온도( $^{\circ}C$ )

L= 방열판의 길이(m)

$$\rho u \cdot \Delta u = \Delta \cdot [-pI + \eta(\Delta u + (\Delta u)^T) - (2\eta/3)(\Delta \cdot u)I] + \rho g \quad (2)$$

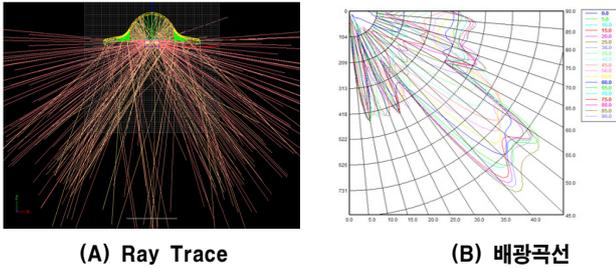
$$\Delta \cdot (\rho u) = 0 \quad (3)$$

$$\Delta \cdot (-k\Delta T + \rho C_p T u) = 0 \quad (4)$$

시뮬레이션의 기본 열해석 지배식으로  $\eta$ : 점도( $kg/(m \cdot s)$ ),  $u$ : 속도벡터( $m/s$ ),  $\rho$ : 밀도( $kg/m^3$ ),  $p$ : 압력(Pa),  $k$ : 열전도( $W/(K \cdot m)$ ),  $C_p$ : 열용량( $J/(kg \cdot K)$ )이다[2].

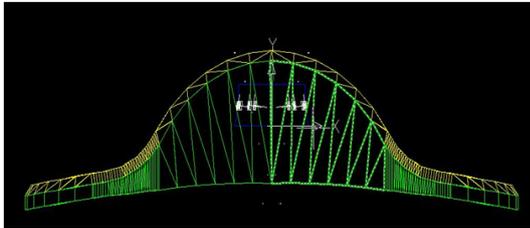
## 2.2 실험 분석

### 2.2.1 실험 분석(배광설계)



〈그림 3〉 1차 시뮬레이션 분석

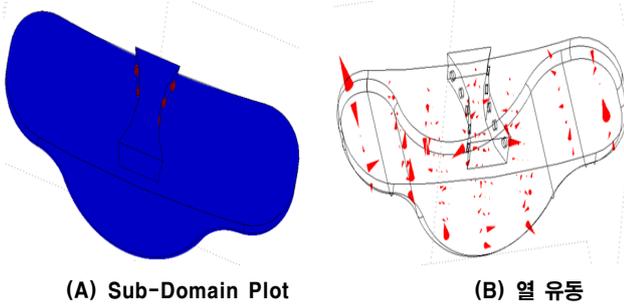
〈그림 3〉의 1차 시뮬레이션 분석 결과 LED 빛이 사방으로 흩어짐으로 설정한 바닥면 (가로: 12cm, 세로: 15cm)으로 조사하지 못함을 확인하였으며, 2차 설계 필요성이 요구됐다.



〈그림 4〉 LED Point 변경

〈그림 4〉의 LED 광원 소켓 내 위치 변환과 높이 변경을 통해 반사판 곡률 조정이 후 시뮬레이션을 진행하였다.

### 2.2.2 실험 분석(열 해석)

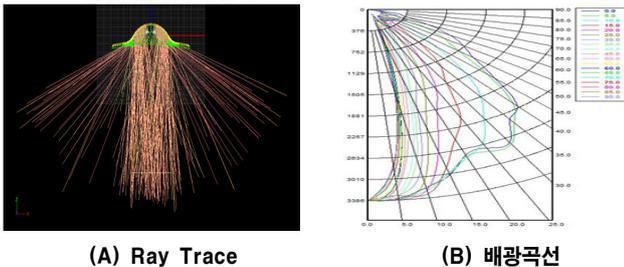


〈그림 5〉 열 해석 시뮬레이션

〈그림 5〉의 (A) Iso-Surface Plot과 (B)는 열 분자의 이동에 따른 열 해석이다. 시뮬레이션 결과 PCB의 LED의 Max. 온도는 약 124℃ Min. 온도는 0℃까지 온도 변화를 확인, LED의 열 발생 시 열 흐름을 확인하였다[3].

## 2.3 실험 결과

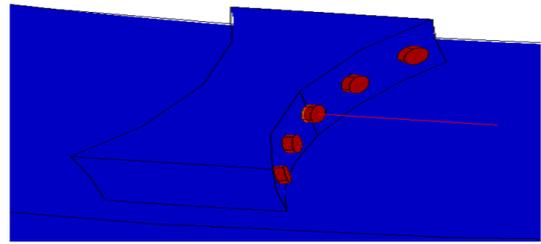
### 2.3.1 실험 결과(배광설계)



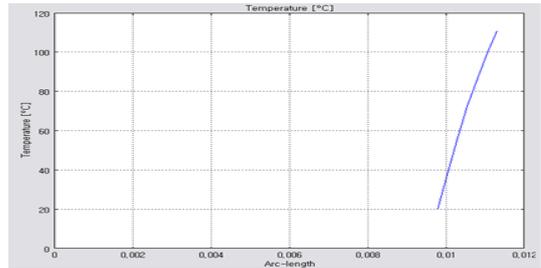
〈그림 6〉 2차 시뮬레이션 분석

〈그림 6〉의 2차 시뮬레이션 분석 결과 1차 시뮬레이션과 비교해 LED의 빛이 지정 방향으로 조사 되었으며, 설정한 바닥면 (가로:12cm,세로:15cm)으로 조사 후 광원 위치의 변경, 반사판 곡률 조정이 요구되었다.

### 2.3.2 실험 결과(열 해석)



(A) 온도변화 가상선



(B) 온도변화특성 곡선

〈그림 7〉 최종 온도 측정

〈그림 7〉의 최종 온도 측정 결과 시간의 변화에 따른 온도 변화 특성곡선으로 LED부분의 가상선을 그었을 경우의 온도변화가 Max. 120℃에서 Min. 20℃까지 온도가 변화됨을 확인하였다.

## 3. 결 론

본 논문은 LED 반사판의 Tilt Angle 변화를 통해 기존의 치료용 장비의 배광설계 1차, 2차 실험을 비교 분석과 열 해석 실험을 하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

1. LED의 빛이 지정 방향으로 조사 되었으며, 설정한 바닥면(가로:12cm,세로:15cm)으로 조사 후 광원 위치의 변경, 반사판 곡률 조정이 요구되었다.
2. COMSOL Multiphysics를 통해 열 해석을 PCB와 LED의 Max. 온도는 약 124℃ Min. 온도는 0℃까지 온도 변화를 측정, 측정 결과 시간의 변화에 따른 온도변화 특성곡선으로 LED부분의 가상선을 그었을 경우의 온도변화가 Max. 120℃에서 Min. 20℃까지 온도가 변화됨을 확인하였다.
3. 시뮬레이션을 통해 실제 제작 하지 않고 유사한 결과를 도출할 수 있다.

본 연구는 교육과학기술부·지식경제부와 한국산업기술진흥원에서 시행한 2단계 산학협력중심대학육성사업의 기술개발과제로 수행된 연구결과임.

## [참 고 문 헌]

- [1] 김경은, 어익수, 서의석, 송상민, 김기훈, 박정옥, "180W급 LED 가로등 모듈의 최적 배광 설계", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2009. 7.
- [2] (주)알트소프트, "COMSOL Multiphysics 3.4", Modeling Guide, October, 2007.
- [3] 최금연, 어익수, 서의석, "Metal PCB를 이용한 LED Module 열 해석", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2009. 7.