

Metal PCB를 이용한 LED Module 열 해석

최금연, 어익수, 서의석
 호남대학교 전기공학과

Temperature Analysis of LED Module which used Metal PCB

Keum-Yeon Choi, Ik-Soo Eo, Eui-Suk Suh
 Honam University

Abstract - 본 논문은 LED조명기구 방열설계의 열해석에 관한 것으로서 메탈 PCB에 Chip LED를 배치하여 COMSOL Multiphysics로 시뮬레이션한 결과 LED와 PCB의 경계면 온도는 약 80℃이며, PCB의 바닥면까지는 약 50℃까지 변화함을 검증 하였으며, 결과적으로 실 제작의 근사치에 가까운 방열설계가 가능함이 확인되었다.

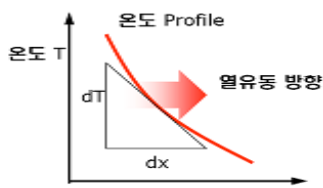
1. 서 론

고출력 LED(Light Emitting Diode)의 특성 및 신뢰성은 LED의 접합에서 발생하는 열에 의해 크게 좌우한다. 일반적인 고출력 LED에서는 약 1W/mm²의 열을 발생시킨다. LED에서 발생하는 열은 패키지내의 열팽창계수가 서로 다르기 때문에 최대 정격이상의 높은 온도에 노출시키거나 열 순환을 반복하면 각기 다른 유형의 치명적 고장을 초래할 수 있다[1]. LED Module의 열 설계를 하기 위해 메탈 베이스 기판은 기존의 수지 기판과 세라믹 기판의 특성에 더하여 높은 열전도성, 손쉬운 가공성, 자기차폐성, 내열충격성 등 금속의 특성을 살린 기판이라고 말할 수 있다. 기본적으로는 메탈 베이스의 한 쪽 면에 동 박을 에폭시 계 수지계로 합착한 적층 판이다. 베이스 메탈의 재질과 절연층 재질의 조합을 바꿈으로써 다양한 용도에 대응할 수 있다. 또한 파워 LED용 기판에 필수 불가결한 특성은 방열성이 높아야 한다는 점이고, 메탈 베이스 기판의 구성 재료로서 메탈 베이스 판으로는 알루미늄과 동을, 그리고 절연 층에는 열전도성이 높은 무기 필터를 충전한 필터 에폭시 계 수지가 사용되는 경우가 많아졌다. 특히 알루미늄 베이스 기판은 알루미늄의 특성으로 높은 열전도성과 경량성 등을 살린 고밀도 실장기판이며, 에어컨의 인버터용 기판, 통신용 전원용 기판과 산업용도 면에서의 사용실적이 높다는 점에서도 파워 LED용 기판에 가장 적합하다고 본다[2]. 본 논문에서는 LED조명기구를 제작을 위한 메탈 PCB에 Chip LED를 배치하여 COMSOL Multiphysics로 시뮬레이션을 통한 결과를 분석한다.

2. 본 론

2.1 실험 과정

본 실험은 LED조명의 모듈을 제작하고 RGB Color를 설정하여 색온도를 구한 후 COMSOL Multiphysics를 통해 도면제작과 재원 설정을 한다. 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 형태임실체의 열 유동률은 매질의 물성 값인 열전도계수 k에 좌우되며, 열전도 법칙인 Fourier's law을 적용 하였다.



<그림 1> 온도곡선 그래프

<그림 1>은 온도 변화에 따른 열 유동에 관한 그래프이며, 온도와 거리는 반비례함을 확인 할 수 있다.

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

Q= 열 유동비 (W)
 k= 열전도도(W/m.K)

A_C= 방열판의 열 유동 면적(m²)

ΔT= 차동온도(℃)

L= 방열판의 길이(m)

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

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

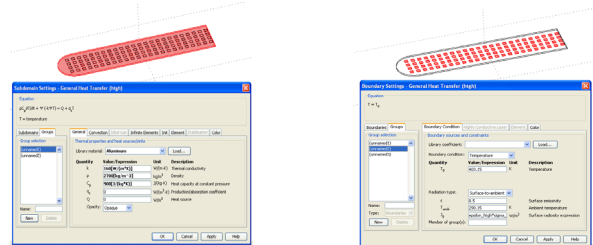
$$\Delta \cdot (-k\Delta T + \rho C_p T u) = 0 \quad (4)$$

시뮬레이션의 기본 열해석 지배식으로 η: 점도(kg/(m · s)), u: 속도벡터(m/s), ρ: 밀도(kg/m³), p: 압력(Pa), k: 열전도(W/(K · m)), Cp: 열용량(J/(kg · K))이다[3].

<표 1> LED Module의 재원

구분	PCB Size	LED Size
X	253mm	5mm
Y	55mm	5mm
Z	2mm	1mm
재질	알루미늄	실리콘

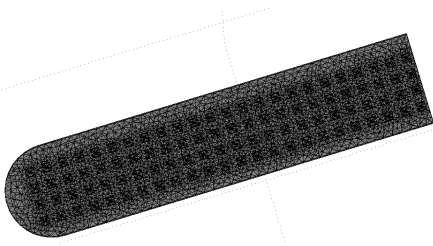
<표 1>은 LED Module의 가로, 세로, 높이를 측정한 값이며 PCB재질은 알루미늄, LED의 재질은 실리콘으로 설정하였다.



(a) Sub-domain setting (b) Boundary setting

<그림 2> 모듈 기본 재질 설정

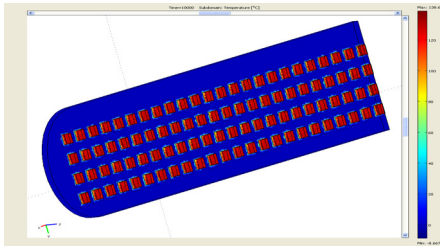
<그림 2>의 Sub-domain setting은 PCB와 LED의 재질설정을 해줌으로써 고정적인 Data가 입력되며, Boundary setting을 통해 각 경계면의 입력온도와 출력온도 값을 정의한다. 본 논문의 모듈의 입력온도는 130℃로 하고 출력온도는 0℃까지로 하여 시뮬레이션을 하였다.



〈그림 3〉 Mesh

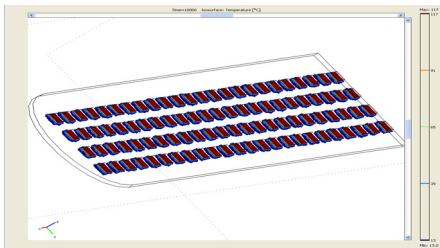
〈그림 3〉의 Mesh는 Sub-domain setting과 Boundary setting 후 모듈의 열 해석을 하기 위한 Scale factor를 설정하며 Mesh의 기본 단위는 Triangle이다.

2.2 실험 분석



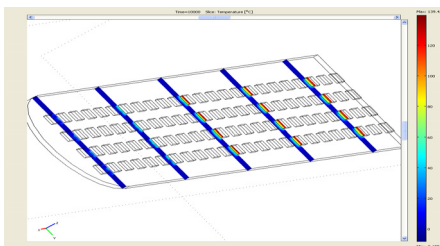
〈그림 4〉 Sub-domain Plot

〈그림 4〉Sub-domain Plot은 시뮬레이션 후 모듈의 각 경계면과 면적의 최대온도와 최소온도의 열 분포를 온도 막대그래프로 확인한다. 시뮬레이션의 시간변화는 0 초, 1,000 초, 100,000 초로 하였으며 Max.온도는 약 138℃이고 Min.온도는 약 -8℃까지 확인되며 LED와 PCB의 경계면 온도는 약 80℃로 분석되었다.



〈그림 5〉 Iso-surface Plot

〈그림 5〉Iso-surface Plot은 LED와 PCB사이의 열 분자의 이동에 따른 열 해석이다. Max.온도는 약 117℃이고 Min.온도는 약 13℃까지 확인되며 LED와 PCB의 경계면 온도는 약 70℃에서 PCB내부까지 약 50℃까지 변화하였다.

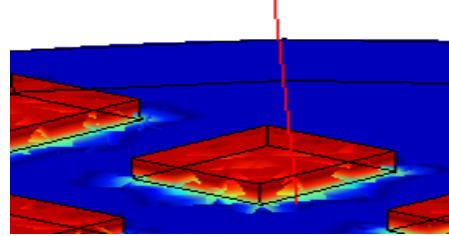


〈그림 6〉 Slice Plot

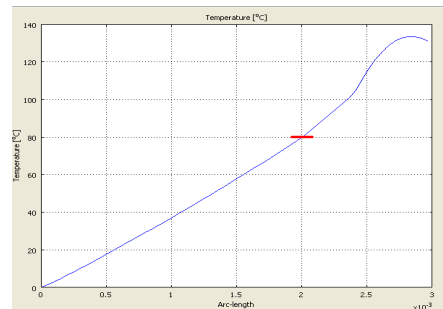
〈그림 6〉Slice Plot은 모듈단면의 온도변화를 확인하는 그림이다. LED와 PCB의 경계면 온도는 약 80℃이며 PCB의 바닥면까지는 약 50℃까지 변화하였다.

2.3 실험 결과

실험결과 아래의 〈그림 7〉(a)는 LED와 PCB를 직교하는 가상선 연장선을 생성하여 그 부분의 온도변화를 확인한 것이며, (b)는 확인한 결과에 따른 온도변화를 연장선의 Arc-length 즉 좌표에 따라 온도변화를 그래프 형태로 나타낸 것이다. 그 결과 LED와 PCB의 경계면 온도는 약 80℃로 해석되었으며 PCB의 바닥면까지는 약 50℃까지 변화하였다.



(a) 온도변화 가상선



(b) 온도변화특성 곡선

〈그림 7〉 최종실험분석 자료

3. 결 론

메탈 PCB에 Chip LED를 배치하여 COMSOL Multiphysics로 시뮬레이션을 통한 결과 LED와 PCB의 경계면 온도는 약 80℃이며, PCB의 바닥면까지는 약 50℃까지 변화한다는 것을 알 수 있었다. 메탈 PCB가 열을 낮추어 파워 LED용 기판에 가장 적합함을 확인 하였으며, 실제적으로 제작하지 않고 시뮬레이션을 통해 근접한 결과 값을 알 수 있었다.

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임.

[참 고 문 헌]

- [1] 옥치원, “고출력 LED의 신뢰성향상을 위한 방열판 최적화에 관한 연구”, 전북대학교 석사학위논문집, 2006. 2.
- [2] 요네무라 나ومی, “Techno Times of Japan”, Monthly DISPLAY, February, 2007.
- [3] (주)알트소프트, “COMSOL Multiphysics 3.4”, Modeling Guide, October, 2007.