

## 열 시뮬레이션을 이용한 COB Type LED 모듈 방열특성 분석

서범식\*, 정영기, 김성현, 박대희  
원광대학교

### Thermal simulation using COB Type LED modules analysis of thermal characteristics

Bum-Sik Seo, Sung-Hyun Kim, Young-Gi Jeong, Dae-Hee Park  
Wonkwang University

**Abstract** - LED는 광학적 특성을 유지하기 위해서는 방열설계가 매우 중요한 문제로 요구된다. 대부분의 반도체 소자의 고장 원인은 85%정도가 열로 인한 것이며 고효율 LED의 인가된 에너지는 20%정도가 광으로 출력되며 나머지 80%정도가 열로 전환된다. 이러한 이유 때문에 LED소자의 신뢰성과 효율 향상을 위한 방열성능의 극대화가 필요하다. 본 연구에서는 AI MCPCB 기판에 기반을 둔 COB Type의 고효율 LED모듈의 구조를 제안 하였으며, LED Chip과 금속base 사이의 절연층 유무의 관점에서 비교 열 시뮬레이션을 통해 결과를 분석하여 고효율 COB LED모듈의 방열 특성을 최적화 하였다.

#### 1. 서 론

LED(Light emitting diode)는 현재 높은 효율과 안정성, 긴 수명, 다양한 색상 구현과 낮은 전력 소모 등의 장점을 가지고 있다[1,2]. 하지만 LED소자의 크기가 증가할수록 광 추출 효율이 떨어지는 문제점이 나타나게 되며 이는 LED의 가장 큰 장점의 하나를 퇴색시키는 것이라고 할 수 있다. 또한 대면적 LED소자의 경우에는, 발광효율의 감소 문제 외에 방열 문제가 심각하게 대두된다.

LED 소자의 크기 증가는 동작 전류 주입과 내부 및 외부 양자 효율을 감소시키게 되어 총 광량 및 램프의 수명 감소의 심각한 원인이 될 수 있다. 또한 일정 온도 이상에서는 LED 광속이 감소되어 일정량으로 배합된 황색 형광체와 조합에 의한 백색광의 색온도 변화가 발생하게 된다. 따라서 LED소자의 크기를 감소시키면서 원활한 열 방출 구조를 설계하는 것이 무엇보다 중요하다[3].

즉, LED 패키지에 있어 내부의 열을 외부로 얼마나 방출시킬 수 있는가에 따라 수명 및 효율이 급격히 변화하고 패키지 내부의 반도체 접합부에서의 열의 발생은 직접적으로 동작 전압의 감소를 가져오고 그로 인해 광 출력이 감소하게 되므로 이러한 열적 스트레스를 해결하기 위해 방열부 (Heatsink, Heatpipe)를 이용해 그 문제를 해결하고 있다.

따라서 본 연구에서는 비교적 작은 면적에 저출력 LED Chip을 사용하여 Array시킴으로써 SMD Type의 LED에 비해 작은 면적에 고효율 LED 모듈을 설계하면서도 방열특성을 크게 개선하여 구동전류와 광출력을 크게 늘릴 수 있는 LED Chip을 PCB기판위에 직접 부착하는 구조 COB (chip on board) LED가 열 방출 관점에서 유리하여 COB Type을 이용하여 20×20[mm] AI기반의 MCPCB를 이용하여 7W급 LED 패키지를 설계하였으며, 열전도도가 상대적으로 낮은 절연층을 제거하고 기존 PCB와 비교 열 시뮬레이션을 통해 고효율 LED 모듈의 최적화를 통해 방열 특성을 최적화 하였다.

#### 2. 본 론

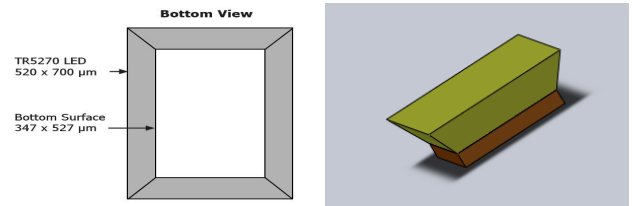
##### 2.1 실험 과정 및 모델링

현재 SMD(surface mount device) Type LED램프가 주류를 이루고 있지만 방열성능 및 부피 축소 등의 장점으로 COB(chip on board) Type LED램프에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다.

본 연구에서는 AI기반의 MCPCB기판위에 COB (chip on board) 기술을 이용하여 저출력 LED Chip을 비교적 작은 면적에 Array 함으로써 고효율 LED 모듈을 설계프로그램인 Solidworks를 사용하여 설계 하였으며 하였다..

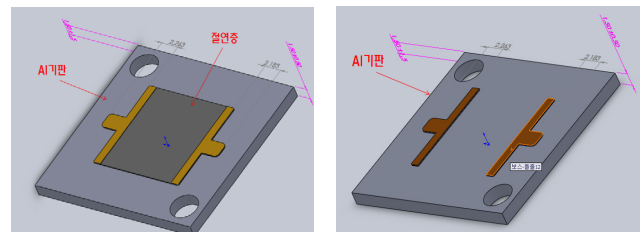
또한 LED Chip과 MCPCB 기판의 금속사이에 열전도도가 상대적으로 낮은 절연층이 자리 잡고 있어서 LED Chip에서 발생된 열이 전달되는 데 지장이 되고 있어 일반 MCPCB와 절연층이 제거된 PCB를 열시뮬레이션을 통해 비교 실험하여 방열특성을 분석 하였다.

열 시뮬레이션에 사용된 LED Chip은 Cree사의 TR5270 InGaN /Sapphire 계열로 0.07W의 저출력 LED로서 윗면 520×700um 후면 347×527um의 크기로 그림 1은 실제 TR5270의 형태 및 TR5270을 설계한 그림이다.



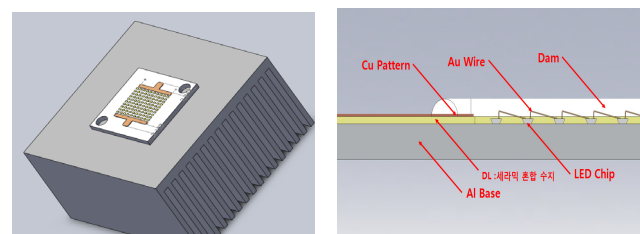
〈그림 1〉 Cree TR5270 및 설계된 LED Chip

실험에 사용된 PCB는 AI기반으로 AI Metal Core(6061)의 재질을 사용하였으며 20×20[mm] 크기이며 AI두께 1.5[mm], 절연층 두께 0.1[mm]. Solder 두께 0.075[mm]로 설계 하였다. 그림 2는 기존 PCB와 절연층이 제거된 PCB의 설계 도면을 나타낸다.



〈그림 2〉 기존PCB(왼쪽) 및 절연층 제거형 PCB(오른쪽)

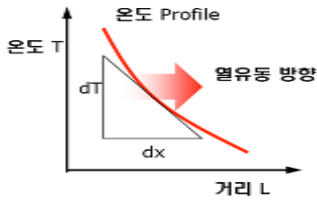
그림 1과 그림 2를 결합하여 TR5270 Chip 100개 Array를 통해 7W의 COB Type LED 패키지를 구성 하였다. 고효율 LED의 원활한 열 방출을 위해 50×50mm의 크기로 높이 28mm, 핀 두께 1.5mm, 핀 개수 16개의 Heatsink를 제작 하였다. 그림 3은 PCB에 Chip Die 및 Heatsink가 결합 및 설계된 PCB 구조를 나타낸다.



〈그림 3〉 완성된 LED 모듈(왼쪽) 및 PCB 구조 PCB(오른쪽)

완성된 LED모듈을 바탕으로 열 해석 프로그램을 이용하여 유한요소법을 통해 기존 PCB와 절연층이 제거된 PCB의 방열 특성을 시뮬레이션 하였다. 이 과정의 기본 열 해석 지배식인 전도는 고체 매질을 통해 일어나는 열전달 형태로 물체 내에 온도구배가 존재할 때 열은 고온에서 저온부로 전달된다.

즉 원자 격자의 진동과 자유전자의 이동에 의해 인접한 분자에 에너지를 전달하는 형태이며 실제의 열 유동률은 매질의 물질 값인 열전도 계수 K에 좌우되며 그림 1은 온도 변화에 따른 열 유동에 관한 그래프이며, 온도와 거리는 반비례함을 확인할 수 있다.



〈그림 4〉 온도곡선 그래프

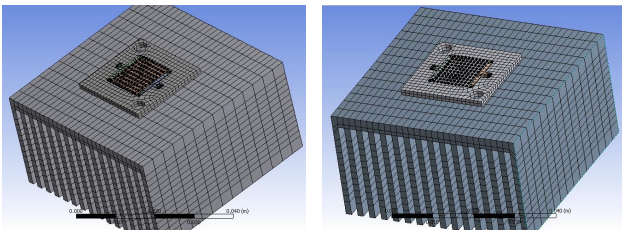
## 2.2 열해석 시뮬레이션

기존 PCB와 절연층이 제거된 PCB를 비교 시뮬레이션 하기 위해 열 해석 프로그램을 사용 하여 방열특성을 분석 하였으며 고효율 COB LED의 원활한 열 방출을 위해 같은 조건의 Heatsink를 모델링 하여 부착 시켰다. 또한 Heatsink는 열 저항 특성을 바탕으로 EIA/ JEDEC51-2의 자연 대류 측정을 위한 임의의 1m<sup>3</sup> 면적 설정 하였으며 25℃의 주변 온도 조건에서 계산되어 졌다. 표 1은 열 시뮬레이션에 사용되는 다양한 재료의 물성치를 나타내고 있다.

〈표 1〉 열 시뮬레이션을 위한 파라미터

	Conductivity [W/m-K]	Thickness ( $\mu$ m)
InGaN	65.6	50
Sapphire	30	100
Ag Paste	1.9	25
Solder paste	5	50
Dielectric layer	1.5	50
MCPCB	180	1,500
Heat Sink	180	1,500

그림 4의 Mesh는 기본적인 물성치 및 설정을 마친 후 시뮬레이션 전의 모듈 열 해석을 하기 위한 단위 및 면적을 정하는 단계이며 기본 설정은 Triangle이다.



[ 기존 PCB ]

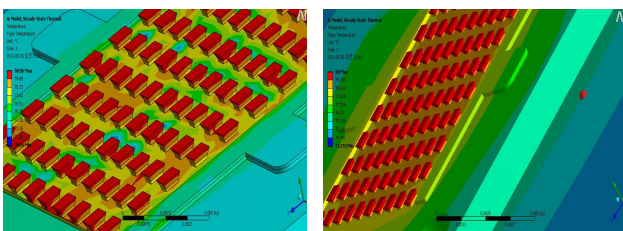
[ 절연층 제거형 PCB ]

〈그림 4〉 기존 PCB와 절연층 제거형 PCB의 Mesh

## 2.3 결과 및 고찰

본 실험에서는 고효율 COB Type LED모듈 설계 하였으며 절연층의 유무에 따른 방열특성 비교를 위해 열 해석 프로그램을 이용하여 시뮬레이션을 통한 결과를 분석 하였다.

실험의 결과 값으로 그림 4와 같이 열 분포도는 기존 PCB의 절연층 부분이 열 전달이 잘 되지 않으며 절연층이 제거된 PCB에서는 기존 PCB보다 열 전달이 잘 이루어 지고 있음을 나타내고 있다.

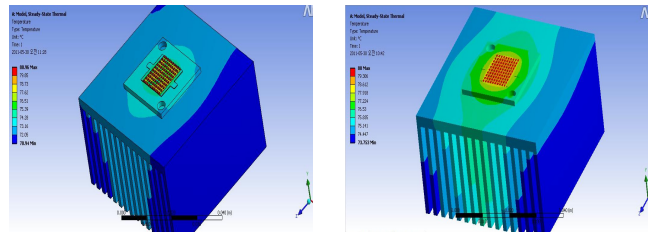


[ 기존 PCB ]

[ 절연층 제거 PCB ]

〈그림 5〉 절연층 유·무에 따른 방열특성 비교

또한 그림 6은 원활한 열 방출을 위해 Heatsink를 부착 후 시뮬레이션을 했을 경우 Heatsink와 LED Chip간의 온도차가 기존 PCB는 11℃, 절연층 제거형 PCB가 6℃를 나타내어 절연층이 제거된 PCB가 열 전달이 잘 이루어 지고 있음을 알 수 있었다.



[ 기존 PCB ]

[ 절연층 제거형 PCB ]

〈그림 6〉 절연층 유·무에 따른 방열특성 비교

## 3. 결 론

본 연구에서는 Solidworks를 사용하여 방열성능이 우수한 7W급 COB Type LED모듈을 설계 하였으며 방열특성 개선을 위해 기존 PCB와 절연층 제거형 PCB를 열해석 프로그램인 Ansysworkbench를 통해 비교 실험 하여 결과를 분석 하였다.

그 결과 절연층이 제거된 PCB가 기존 PCB에 비해 열 전달이 잘 되었으며 Heatsink와 LED Chip간의 온도차가 기존 PCB는 11℃, 절연층을 제거한 PCB가 6℃ 나타내어 절연층을 제거함으로써 LED Chip에서 Heatsink 까지의 열전달 경로가 단순화 되어 열전달이 잘 되어짐을 보여주고 있다.

이와 같이 방열특성의 개선으로 광출력 및 수명 감소를 상대적으로 낮아 질 것으로 보이며 비교적 작은 면적에 고효율 LED를 제작 할 수 있어서 디자인 적인 측면에서도 발전 할 수 있을 것으로 기대된다.

## [감 사 의 글]

본 연구는 호남 광역경제권 선도 산업 기술개발사업에서 지원하는 “실감형 조명 연출을 위한 유니버스 LED 조명 장치 개발”의 연구비 지원에 의한 것입니다.

## [참 고 문 헌]

- [1] E. F. Schubert and J. K. Kim, Science 308, 1274 (2005)
- [2] M. R. Krames, O. B. Shchekin, R. M. Mach, G. O. Muller, L.Zhou, G. Harbers, and M. G. Craford, J. Disp. Technol. 3, 160 (2007)
- [3] I. S. J. Lee, “A study on the photon extraction efficiency in ingan light-emitting diodes depending on chip structure and chip-mount schemes,” Opt. Eng. 45, 014601 (2006).
- [4] (주)태성에스엔이,FEA사업부 위임, “ANSYS Workbench 왕초보탈출하기, 시그마프레스 (2009)
- [5] 이동훈, 최영재, 정민규, “Solidworks2010 완전정복 , 북미디어 (2010)