

## 고출력 LED의 구조함수분석과 열 거동현상 분석

이승민\*, 양종경\*, 이종찬\*\*, 박대희\*  
원광대학교\*, 금호전기(주)\*\*

### The Analysis of Thermal Movement and Structural Function in High-power LED

Seung-Min Lee\*, Jong-Kyung Yang\*, Jong-Chan Lee\*\*, Dae-Hee Park\*  
Wonkwang University\*, Kumho Electric\* Korean University\*\*

**Abstract** - In this paper, thermal movement of high power LED on the MCPCB is analyzed with structural function and CFdesign V10 program. thermal resistance is decreased as 10.1 [°C/W] in MCPCB from 12.2 [°C/W] in LED package. Junction temperature which is calculated with thermal computational analysis program shows 85.113 [°C] and almost same to measured data.

#### 1. 서 론

발광다이오드(light emitting diode : LED)는 1962년 GaAs 화합물 반도체를 이용하여 최초로 소개되었다[1]. 1990년도 후반에 들어서 나카무라 슈지 박사에 의해 GaN 기반의 청색 LED가 개발되었고, 고휘도 청색 LED의 상용화가 이루어짐에 따라, 하나의 칩에 형광체를 접목시키는 방법으로 청색 LED로부터 발산하는 청색광과 그 빛의 일부를 이용해서 Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Ce<sup>3+</sup>(YAG:Ce) 형광체를 여기시켜 일으키는 황색광 (560 nm)을 사용함으로써 백색을 발산하는 백색 LED가 처음으로 등장하게 되었다[2].

최근 Cree사에서 430 [lm]의 고출력을 멀티 칩 LED 패키지가 상용화 되었으며, 이런 메이저 업체들의 지속적인 기술 경쟁으로 고효율의 LED 칩과 고출력 LED 패키지의 연구가 활발히 진행되고 있다[3][4].

급속한 LED chip의 효율 향상으로 기존의 광원을 LED를 이용한 광원 개발이 활발히 이루어지고 있으나, 고출력에 의한 LED chip 구동전류 증가로 LED chip의 고 발열 문제로 인해 고출력 LED의 수명 저하 및 고효율에 직접적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있다[5][6].

따라서 광원으로 응용되는 고출력 LED 패키지의 경우 이러한 열적 인 문제에 뿐만 아니라 전기적, 광학적 특성에 대해 복합적인 요소가 고려되어야 한다[7][8].

본 논문에서는 고출력 LED의 구조분석과 고출력 LED의 열적 모델링을 통하여 고출력 LED의 열 거동 현상을 확인하였다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 실험장치

고출력 LED 패키지의 온도변화에 따른 열 저항 특성 분석과 광학적 특성을 분석하기 위해 Osram사 고출력 LED 패키지를 사용하여 25×25×1.6 [mm] Al기반의 MCPCB를 설계 제작하였다. 25~85 °C의 온도변화에 따른 열저항 특성을 평가하였다. 측정장비는 열저항 측정 장비로서 MicRed사의 T3ster를 사용하였다.

〈표 1〉 전산모사 열해석을 위한 재료의 특성

	Conductivity [W/m-K]	Density [kg/m <sup>3</sup> ]	Specific Heat [J/kg-K]
GaN	65.6	6,100,000	840
Sapphire	35.1	3,980	753.12
Die_attach	7.5	2,400	300
Copper	380	8,939.58	380.718
Bonding wire	317	19,300	129,000
Lens	0.17	980	1,173
Mould	0.23	1,300	1,256
Aluminium	204	2,707	896

##### 2.2 전산 해석 및 경계조건

본 논문에서는 고출력 LED 패키지와 MCPCB 형상을 실측하여 모델

링 하였으며, 전산 해석 툴로는 CFdesign V10을 사용하였다.

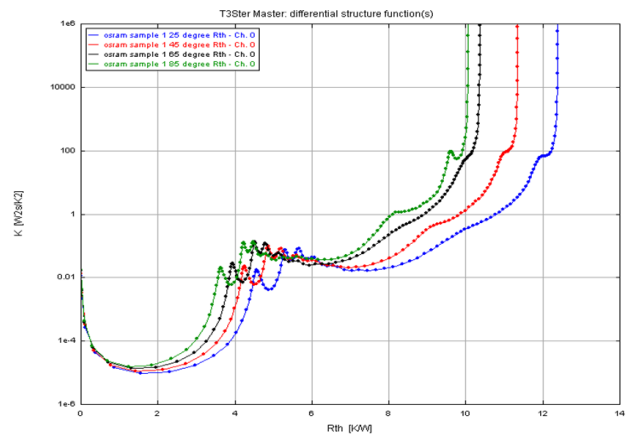
LED 패키지의 열저항을 정확히 평가하기 위해 광출력(Optical Power)에 대한 특성이 고려되어야 한다. 고출력 LED 패키지의 전산해석 경계조건으로는 LED chip의 발열 조건을 다음 식 (2-1)같이 발열 조건을 적용하였다.

$$P_{heat} = P_{el} - P_{opt} \quad (2-1)$$

EIA/JEDEC51-2의 0.028321 [m<sup>3</sup>] 박스를 제작하였으며 내부온도는 25°C로 설정하였다. 표 1은 전산모사 열해석을 위한 각각에 적용된 재료의 특성을 나타내고 있다.

##### 2.3 결과 및 고찰

그림 1은 25 ~ 85 [°C]로 온도를 증가하였을 경우 칩에서부터 메탈 PCB까지의 열저항(Rth j-a)은 12.2 [°C/W]에서 10.1 [°C/W]로 감소하였다. 이는 칩으로부터 Die 접촉부분(Rth j-die attach)의 열저항의 경우 4.42 [°C/W]에서 3.71 [°C/W]로 감소된 것으로 칩 자체의 열저항의 감소로 인해 전체 열저항이 감소되는 것으로 사료된다. 또한 열용량의 감소와 K값의 감소로 인해 열전도도가 감소됨을 식(2-2)를 통해 확인할 수 있다.

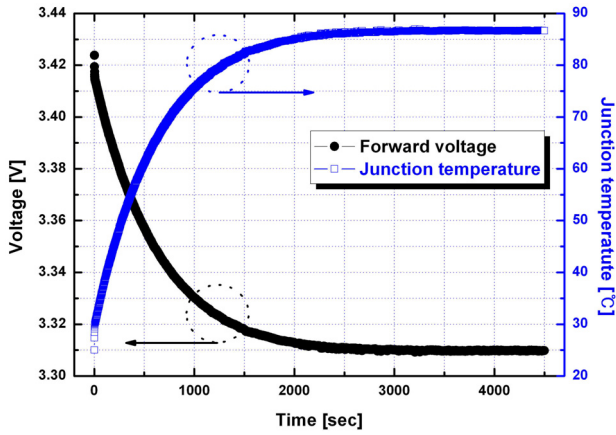


〈그림 1〉 MCPCB 온도 변화에 따른 열저항과 K-factor

이는 칩부분 열저항의 감소가 다른 부분에 비해 커서 내부 칩으로 발생된 열의 전달이 감소됨으로써 칩 자체에 큰 영향을 미침을 알 수 있다. 다시 말하면, PN 접합 부분에서 생성된 열이 외부로 원활하게 방출되는 것을 저하됨으로써, 칩 내부에 남은 열이 전자와 정공의 비 발광 재결합을 증가시켜 고출력 LED의 신뢰성과 내구성에 큰 영향을 미친다.

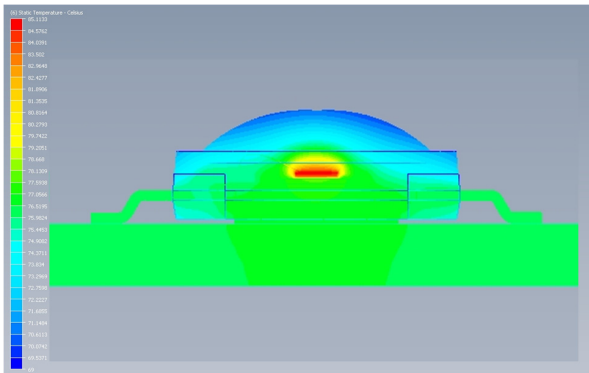
$$K(R_y) = \frac{cA dx}{dx/\lambda A} = c\lambda A^2 \quad (2-2)$$

그림 2는 시간 변화에 따른 전압 특성과 접합온도 특성을 나타내고 있으며, 3.42 [V]에서 3.31 [V]의 전압이 감소되는 것을 볼 수 있다. 이는 온도에 따른 감지 전류 인가 시 순방향 전압 차이를 나타내는 ΔTSP로 나타낼 수 있으며 약 0.11 [V]의 값을 나타낸다. 결론적으로 LED 패키지의 접합 온도의 변화량 계산할 수 있으며 59.45 [°C]이며 초기 접합온도를 25 [°C]로 가정할 경우 약 84.46 [°C]의 접합온도 특성을 확인하였다.



**<그림 2> MCPCB에 부착된 고효율 LED 패키지 전압 특성과 접합온도 특성**

그림 3은 인가 전력 1.18 [W]일 때 고효율 LED 패키지의 정면에서의 열적 거동과 온도 분포를 나타내고 있다. Chip에 전력이 인가되면서 chip에서 발생하는 열이 증가하는 것을 확인할 수 있다.



**<그림 3> MCPCB가 부착된 LED 패키지의 열 거동 및 온도분포**

열적 거동은 chip에서부터 heat slug로 열적 거동이 나타나며, Heat slug에서 Anode lead과 MCPCB로 열적 거동이 이루어지는 것을 확인하였다. Body의 경우 Heat slug와 직접적으로 열적 거동이 이루어지지만 Body의 낮은 열전도도 특성으로 낮은 온도 분포를 나타내고 있다. 또한 시뮬레이션을 한 결과 내부 칩의 접합부분의 온도가 약 85.113 [°C]의 온도 분포 특성을 보였으며 MCPCB의 온도의 경우 약 76 [°C]의 온도 분포 특성을 나타내었다.

이러한 열적 스트레스를 줄이기 위해 방열 Body 부분의 높은 열전도도를 갖는 재료를 사용하여 패키지 하는 것이 바람직 한 것으로 생각하며, 또한 LED 접합부분의 와이어 본딩의 신뢰성 향상을 위한 렌즈의 재료 선택 또한 중요한 파라미터로 사료된다. 따라서 고효율 LED의 신뢰성 확보와 성능을 향상시키기 위한 고효율 LED 패키지 개발이 요구된다.

### 3. 결 론

본 논문은 MCPCB가 부착된 고효율 LED PKG의 구조분석과 전산 해석을 통한 열 거동 현상을 확인하였다.

주변온도가 증가함에 따라 열저항 감소가 나타나 반면 칩 자체의 열저항 감소로 인해 칩에서 발열되는 열이 원활하게 방출되지 못함을 확인할 수 있었다.

실제 측정된 LED 패키지의 접합온도 특성과 전산 해석을 통한 접합 온도 결과가 동일 특성을 확인 할 수 있었으며, 이러한 결과를 바탕으로 고효율 LED 패키지를 이용한 광원 설계에 적용 가능성을 확인하였다.

### 감사의 글

본 논문은 에너지 관리공단 주관 “에너지·자원기술 개발 사업”과 한국 산업기술재단에서 지원하는 “지역혁신 인력양성사업”의해 지원 되었습니다.

### [참 고 문 헌]

- [1] N. Holonyak, Jr. and S. F. Bevaqua, "Coherent (visible) light emission from Ga(As<sub>1-x</sub>P<sub>x</sub>) junctions", Applied Physics Letter, Vol. 1, No. 4, pp. 82-83, 1962.
- [2] Shuji Nakamura, Takashi Mukai, and Masayuki Senoh, "Candela class high-brightness InGaN/AlGaIn double heterostructure blue light emitting diodes", Applied Physics Letter, 64, p. 1687, 1994.
- [3] Woong Jun Hwang, Péter Szabó, Gábor Farkas, and Moo Whan Shin, "Application of structure functions for the transient thermal analysis of GaN-based LEDs with SiC and sapphire substrates", 10th THERMINIC Workshop, Sophia Antipolis, France, pp. 91-94, September 2004.
- [4] Gábor Farkas, Quint van Voorst Vader, András Poppe, György Bognár, "Thermal investigation of high power optical devices by transient testing", 9th THERMINIC Workshop, Aix-en-Provence, pp. 213-218, France, 24-26 September 2003.
- [5] J. Hu, L. Yang, W. J. Hwang, and M. W. Shin, "Thermal and mechanical analysis of delamination in GaN-based light-emitting diode packages", J. Cryst. Growth, vol. 288, no. 1, pp. 157 - 161, Feb. 2006.
- [6] J. Hu, L. Yang, and M. W. Shin, "Mechanism and thermal effect of delamination in light-emitting diode packages", Microelectron. J., vol. 38, no. 2, pp. 157 - 163, Feb. 2007.
- [7] M. Rencz, V. Székely, A. Morelli, and C. Villa, "structure function evaluation of stacked dies", in Proc. 20th IEEE SEMI-THERM Symp., pp. 50 - 5, 2004.
- [8] N. Narendran, and Y. Gu, "Life of LED-based White Light sources", IEEE/OSA Journal of Display Technology, Vol. 1 No. 1, pp. 167-170, 2005.