https://doi.org/10.7735/ksmte.2017.26.4.371

J. Korean Soc. Manuf. Technol. Eng.
ISSN 2508-5107(Online) / ISSN 2508-5093(Print)

LED조명에서 MPCB와 FPCB의 방열 성능 비교 연구

신상묵[a*], 문덕영[a], 유경선[a], 현동훈[a]

Comparisons of the Heat Dissipation Performances of MPCB and FPCB in LED Lights

Sang-Muk Shin[a*], Duk-Young Moon[a], Kyung-Sun Yoo[a], Dong-Hoon Hyun[a]

[a] *Course for Knowledge-based Technology(Opto-Nanotronics), Korea Polytechnic University, 237, Sangidaehak-ro, Siheung, Gyeonggi-do, 15073, Korea*

ARTICLE INFO

Article history:
Received 5 June 2017
Revised 20 June 2017
Accepted 21 June 2017

Keywords:
LED
LED Light
High-Bay
MPCB
Flow Simulation
FPCB

ABSTRACT

In this study, the heat dissipation performances of metal printed circuit boards (MPCBs) and flexible printed circuit boards (FPCBs) used in light-emitting diode (LED) lights were compared and analyzed by performing a heat dissipation simulation using a thermal flow analysis program. The results were summarized graphically. The temperature distribution of the MPCB was found to be better than that of the FPCB, indicating the better heat dissipation performance of the MPCB. For the two FPCB structures studied, we confirmed the LED temperature and temperature distribution by thermal flow analysis and found that for better overall heat dissipation performance, PCBs should preferably have an asymmetric structure. We confirmed the possibility of using FPCBs, which are characterized by a flexible structure, for LED lighting.

1. 서 론

세계 각국의 에너지 절감 및 온실가스 감축정책 추진과 환경규제 제도 시행이 활발한 가운데, 전체 전력 소비량의 약 20%를 차지하는 조명분야에서도 기존 조명을 대체할 친환경 고효율의 LED조명이 각광받고 있다. LED조명 활용 시 전 세계 조명 전력 소비량의 50% 정도를 감축하는 것으로 확인되고 있다. LED산업은 LED의 용도에 따라 신호용, 조명용, 농업용 및 의료용으로 그 사용이 매우 다양하게 확장하고 있으며, 그 중 대표적인 LED조명산업을 LED 산업으로 칭하기도 한다.[1] 이에 많은 공장에서 LED공장 등으로 교체를 하여 전기요금을 절약하려는 동향을 보이고 있고, 여기에 사용되는 LED조명에는 MPCB (metal printed circuit board)를 많이 사용한다. MPCB는 PCB절연판 한쪽면 또는 양쪽 면에 동박(copper foil)을 압착시킨 후 회로 패턴을 형성하고 불필요한 부분의 동박을 부식시켜 제거하여 회로를 구성한 회로 기판이다. 즉, Metal PCB란 절연층은 전기가 흐르지 않으며 열전도 성질을 가지고 있는 방열 T-Plug라는 소재를 사용하여 금속의 특성으로 열전도가 빠르고 방열이 용이하여 LED chip 사용시 chip에서 발생되는 고열을 Al로 방출하며, Al은 대기류와 마찰하여 열을 식혀주는 역할을 하고있다[2].

MPCB는 LED 조명에서 설계 다양성 및 경량화에 큰 단점을 보유하고 있어 보안을 보충할 수 있는 유연한 설계가 가능한

* Corresponding author. Tel.: +82-31-8041-1784
Fax: +82-31-8041-1786
E-mail address: boy-mook@daum.net (Sang-Muk Shin).

FPCB를 활용하여 방열판의 디자인을 다양하게 할 수 있는 검토가 필요하다.

FPCB는 연성회로기판(flexible printed circuit board, FPCB)이며 스마트기기, 에너지 기기 및 플렉서블 디스플레이 등에 다양하게 적용됨에 따라 많은 연구가 진행되고 있으며 스마트폰, 태블릿 PC, LED 조명과 같은 전자기기의 소형화, 경박화, 다기능화가 급속하게 진행되면서 전자제품의 주요 부품소재로 사용되고 있는 FPCB 도배선 패턴의 미세화가 요구되는 실정이다[3].

FPCB의 구성에는 동(copper), 폴리이미드(PI, polyimide)가 주 소재로 사용된다. 폴리이미드는 강직한 방향족 주쇄를 기본으로 하는 열적 안정성을 가진 고분자 물질로 이미드 고리의 화학적 안정성을 기초로 하여 우수한 기계적 강도, 내화학성, 내후성 및 내열성을 가진다[4].

본 논문에서는 LED조명에서 많이 사용되고 있는 MPCB에서의 LED온도를 열 유동 해석으로 분석 후 실제 제품을 제작하여 방열 시뮬레이션의 신뢰성 확보를 한 뒤 MPCB를 대체하기 위해 FPCB의 방열 성능을 비교 분석하였다. 연구에 사용한 열 유동 해석 프로그램은 Mentorgraphics에서 지원하는 FloEFD 13.0을 활용하였다.

2. 실험이론

2.1 지배방정식

LED의 열이 방열판을 통해 공기 중으로 방출하기 위해 정상 상태에서 비압축성 유체의 층류 유동을 바탕으로 질량 및 운동량 방정식과 에너지 보존 방정식을 이용하여 해석을 진행하였으며, 해석에 사용된 각각의 수식은 다음과 같이 표현 할 수 있다[5].

(1) 연속방정식(Continuity equation)

$$\frac{\partial p}{\partial t}+\nabla(pU)=0 \tag{1}$$

여기서 ρ는 유체의 밀도, t는 시간, U는 유체의 속도이다. 비압축성 유체에서는 ρ는 상수이다.

(2) 운동방정식(Momentum equation)

$$\frac{\partial(\rho U)}{\partial t}+\nabla\cdot(\rho U\otimes U)=\nabla p+\nabla\tau+S_m \tag{2}$$

여기서 τ는 응력센터(stress tensor)이며 아래와 같이 표현할 수 있다.

$$\tau=\mu\left(\nabla U+(\nabla U)^T-\frac{2}{3}\delta\nabla\cdot U\right) \tag{3}$$

(3) 에너지 방정식(Energy equation)

$$\frac{\partial(\rho h_{tot})}{\partial t}-\frac{\partial\rho}{\partial t}+\nabla\cdot(\rho U h_{tot})$$
$$=\nabla\cdot(\lambda\cdot\nabla T)+\nabla\cdot(U\cdot\tau)+U\cdot S_M+S_E \tag{4}$$

(4) 부력(Buoyant forces)

$$S_{Mb}=(\rho-\rho_{ref})g \tag{5}$$

또한 LED에서 발생하는 복사열전달의 영향을 보다 정확하게 파악하기 위해 복사열전달 모델인 Discrete Transfer Model을 적용하였다.

2.2 열 유동 해석 방법 및 경계조건[6]

열 유동 해석의 경계조건은 다음과 같이 정의하였다.

- 외부 공기의 유동은 3차원 정상상태, 층류 유동이다.
- 작동 유체(공기)의 밀도를 제외한 물성치는 일정하다.
- 공기는 이상기체이다.
- LED의 소비전력 중 80%는 열로 전환된다.

위 4가지 외에 방열판과 FPCB와의 접촉되는 면은 Thermal Grease의 접촉저항만 발생하고 그 외에 FPCB 내에서의 접촉저항은 무시하며, 방열판의 표면은 Aluminum Polished로 해석 조건에 설정하였다. 열 유동 해석에서 사용되는 조명은 90 W급 조명이며, 90 W에서 열로 전환되는 열은 72 W로 인가한다. 외부 온도는 20°C로 설정하며 해석은 Transient 상태에서 2시간 동안의 열전달을 120회 반복한 결과로 확인하였다[7]. Table 1은 해석에 사용된 물성치 값을 정리한 내용이다[8]. Table 2은 해석에 사용된 서울반도체 MJT5050 LED PKG의 정보를 정리하였다[9].

2.3 LED 온도 평가기준[10]

분석에 대한 타당성은 LED온도를 기준으로 계산하여 접합온도(junction temperature, 이후 접합온도)를 산출하여 LED spec에서 제시하고 있는 성능 그래프로 결정한다. 접합온도를 산출하는

Table 1 Material poperties of parts

Part	Conductivity (W/m·K)	Specific heat (J/kg·K)	Density (kg/m^3)
Heat-sink	180	896	2700
Thermal grease	4.3	1700	2417
Metal PCB	138	880	2680
Polyimide	0.20	1400	1150
Copper	400	387	8960
LED	1	4100	1200

Table 2 LED spec (MJT5050, seoulsemiconductor)

Parameter	Symbol	Value	Unit
Forward current	I_F	60	mA
Power dissipation	P_D	4.5	W
Junction temperature	T_j	125	℃
Operating temperature	T_{opr}	-30~+100	℃
Storage temperature	T_{stg}	-40~+100	℃
Thermal resistance	$R\theta_{j-s}$	6.0	℃/W

수식은 다음과 같다.

$$R\theta_{j-s} = (T_J - T_B)/Pd \quad (6)$$

식 (6)에서 $R\theta_{j-s}$는 LED의 열 저항을 의미하며, T_J는 접합온도, T_B 는 LED의 뒷면이며 본 논문에서는 LED Max 온도의 값이며, Pd는 LED의 개당 열량을 의미한다. 열 유동 해석을 통해 얻은 온도 결과로T_J를 산출하여 PCB종류에 따른 LED 수명을 비교한다. 이는 LED조명에서 가장 중요한 LED의 수명이 LED온도에 의해 결정되는 중요한 기준이다.

다음으로는 전체 온도 분포에서 가장 높은 온도와 낮은 온도를 뺀 온도 차이를 확인하기 위해 다음과 같은 수식으로 유도 하였다.

$$\triangle T_{(LEDMax - HeatsinkMin)} = Total\ \triangle T_{(\max - \min)} \quad (7)$$

식 (7)에서 LED Max는 해석 결과 중 가장 높은 LED온도이고, Heatsink Min은 방열판의 낮은 온도로 정하였다. (7)수식을 유도하는 이유는 열 유동 해석과 방열 실험에서 얻은 온도의 편차는 LED수명과의 연관성을 확인하기 위해 수식을 유도 하였다.

마지막으로 PCB 단면에서의 온도 분포를 하는데 필요한 수식을 유도하였다.

$$PCB\ surface\ \triangle T_{(\max - \min)} \quad (8)$$

식 (8)에서 PCB 온도 분포는 PCB 단면에서 가장 높은 온도와 가장 낮은 온도의 차를 계산하여 PCB 단면에서의 온도 분포와 LED수명의 결과를 비교하기 위해 수식을 유도하였다.

3. 실험장비 및 방법

3.1 시제품 방열 측정 장비

온도 측정 장비는 YOKOGAWA에서 제공하는 MV100모델을 사용하였다. 본 장비는 온도 측정데이터를 디스플레이에 표현하여 일정한 지점의 온도를 데이터화 할 수 있다. 보통 Thermocouple

Fig. 1 YOKOGAWA-MV100

로 측정 지점의 단면에 접촉식으로 측점에 접촉하여 측정하는 방식이다. 총 4개의 채널이 있으며, 필요 시 채널을 추가하여 측정이 가능하다. Fig. 1은 YOKOGAWA MV100 제품 사진이다.

3.2 시제품 방열 측정 방법

열 유동 해석(이후 해석) 및 방열 실험(이후 실험)을 진행 시 동일한 지점의 온도를 비교하기 위해 온도의 측정 지점을 동일하게 측정하여 비교 분석을 한다.

먼저 해석에서 전체 온도를 확인하기 위한 방법으로 Fig. 3에서 B방향의 단면에서 운도 분포를 확인한다. B방향의 단면에서 온도는 가장 높은 온도에서부터 가장 낮은 온도까지를 확인하기에 가장 적합한 위치이다.

두 번째로는 해석 과 실험의 데이터를 비교와 PCB에서 온도 분포를 측정하기 위해 5개의 위치를 정하였다. 위치는 1번 지점은 중심을 기준으로 x=45 mm, y=45 mm, 2번 지점은 x=65 mm, y=65 mm, 3번 지점 x=85 mm, y=85 mm, 4번 지점은 x=105 mm, y=105 mm, 5번 지점은 x=125 mm, y=125 mm 로 일정한 간격을 유지하여 측정 지점을 동일한 위치를 측정 하였으며, 이 5개의 지점은 추후 해석 과 실험 결과를 비교하여 오차를 산출하였다.

Fig. 2은 열 유동 해석에서 온도결과를 확인한 지점을 그림으로 나타낸 사진이다. 실험은 Thermocouple로 일정한 지정한 지점을 접촉하여 측정하는 방식으로 진행하였다. Fig. 3에서 좌측의 사진은 Thermocouple의 측정 위치를 나타낸 사진이고 (a), 우측의 사진은 실험 사진(b)이다.

3.3 FPCB 구조

본 연구에 적용하는 FPCB의 구조는 비대칭과 대칭 구조를 가지고 있는 FPCB를 비교한다. 대칭과 비대칭의 기준은 FPCB 중앙의 Polyimide를 기준으로 앞, 뒷면의 동(copper)두께의 비율을 기준

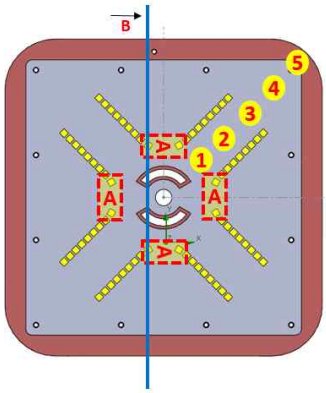
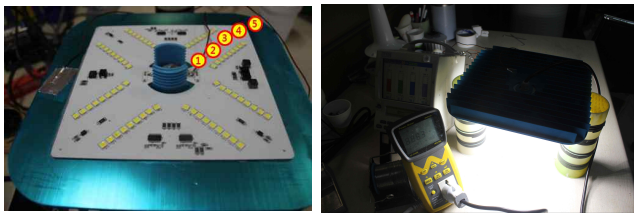


Fig. 2 Flow simulation point



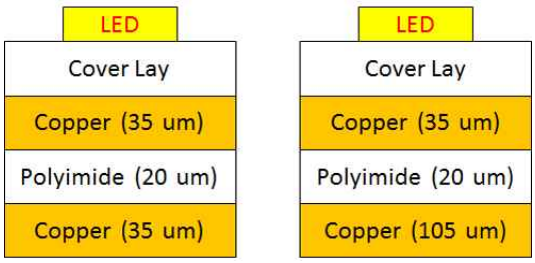
(a) Position in radiation test (b) Radiation test

Fig. 3 Measured position in radiation test

으로 두고 동 두께가 동일한 경우 FPCB 대칭이며, 동 두께가 동일하지 않은 경우에는 비대칭으로 칭한다. 대칭의 경우 Polyimide를 기준으로 앞, 뒷면의 동 두께가 35 μm, Cover lay, LED인 구조를 가지고 있고, 비대칭은 앞면의 동 두께가 35 μm로 동일하지만 뒷면의 동 두께가 10 5 μm를 가지고 있는 구조이다(b). 이 외에 Cove lay 및 LED 위치는 두 조건 동일한 구조이다. LED 배열은 기존의 LED 공장등에서 사용되고 있는 LED 위치와 동일하게 설계를 하였으며, LED는 서울반도체 MJT5050 모델을 선정하였다. 서울반도체 MJT5050 은 가로 5 mm, 세로 5 mm 높이 0.65 mm로 설계되어 있는 LED이며, 모델링으로 구현하여 적용하여 FPCB에 기존 LED공장등과 같은 LED 배열을 모델링 하였으며, 무게는 FPCB(대칭)은 30 gf, FPCB(비대칭)은 50 gf이다. Fig. 4은 FPCB의 대칭(a)과 비대칭(b)의 적층 구조의 그림이다. Fig. 5는 기존 LED공장등의 LED배열을 FPCB에 적용하여 모델링한 그림이다.

3.4 MPCB 구조

MPCB의 구조는 기본 Metal이 3 mm의 두께로 구성되어 있으며, 절연층은 85 μm로 설계 하였다. 이에 회로의 성분은 FPCB와 동일한 구리 성분의 35 μm로 구현 후 LED 배열은 앞서 설명한 FPCB와 동일한 위치를 갖도록 하였으며, LED는 서울반도체 MJT5050 모델을 선정하였다. LED 배열은 FPCB와 동일한 배열을 설계하였고 무게는 150 gf으로 FPCB(대칭)보다는 5배가,



(a) FPCB (Symmetry) (b) FPCB (Asymmetry)

Fig. 4 Laminated layer structure of FPCB

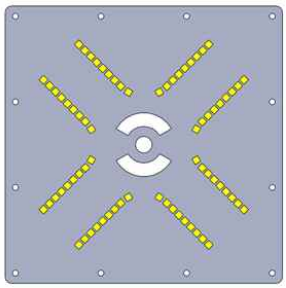


Fig. 5 LED FPCB structure modelling

Fig. 6 Laminated layer structure of MPCB

FPCB(비대칭)보다는 3배다 무겁다. Fig. 6은 MPCB의 적층 구조를 나타내고 있는 사진이다.

3.5 방열판 구조

본 실험에 사용되는 방열판은 기존 LED공장등에 사용되고 있는 압출공정 타입의 방열판을 모델링하였다. 압출공정 타입으로 제작되어 fin 두께는 1.5 mm로 얇게 모델링 하였으며, 가로(W, Width) × 세로(L, Length) × 높이(H, Hight)는 250 mm × 250 mm × 24 mm이고, fin 수량은 22개, fin 간격은 13.5 mm로 대류 열 전달에 용이하게 설계되어 있으며, 해석 모델링에는 각종 등 기구와 조립에 필요한 나사선, 홀, 등은 제외하되 중앙에 있는 반달형 홀은 FPCB와 동일하게 조립되어야 하기 때문에 적용을 하였다.

Table 3은 방열판 정보를 수치화 하였으며, Fig. 7은 공장등 방열판의 3D 모델링 그림이며, 설계 프로그램은 Solidworks 2013을 사용하였다.

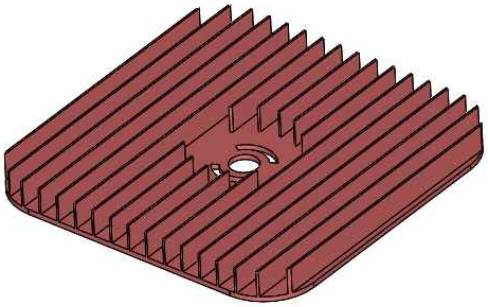


Fig. 7 High-bay heatsink 3D modeling

Table 3 Heatsink applied to high-Bay 90W dimension

(Unit : mm)

Part	Spec
Manufacturing of heatsink	Extrusion
Width (W)	250
Length (L)	250
Hight (H)	24
Thickness of base	4
No. of fin	22
Hight of fin	20
Thickness of fin	1.5
Interval of fin	13.5
Corner radius of heatsink	45
Heatsink area (m^2)	0.28

4. 실험결과

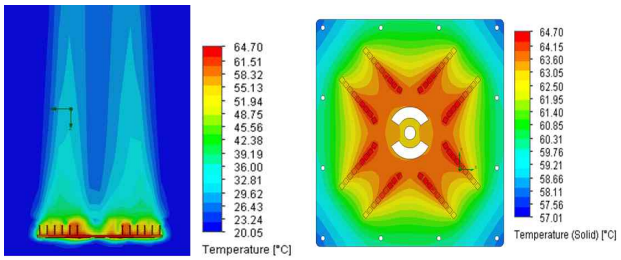
첫 번째로 MPCB의 해석 결과와 실험을 통해 성능 및 신뢰성을 분석하고, FPCB의 두 종류의 온도 성능도 분석한다.

4.1 MPCB 해석 및 실험 결과

MPCB 해석 결과 B 방향의 단면 LED 온도가 64.70°C로 확인되었다. 1번 지점은 63.59°C, 2번 지점은 63.24°C, 3번지점은 61.46°C 4번 지점은 59.29°C, 5번 지점은 58.05°C로 이며, LED의 가장 높은 온도는 64.70°C로

이후 MPCB를 실제로 제작하여 실험을 진행하였다. 실험 결과 1번 지점은 64.82°C, 2번 지점은 64.48°C, 3번 지점은 62.66°C, 4번 지점은 60.47°C, 5번 지점은 59.21°C로 실험과 해석의 결과를 비교한 결과 평균 2% 미만으로 해석의 신뢰성을 확보하였다.

Fig. 8의 왼쪽 사진은 B방향의 단면의 온도 분포의 결과 사진(a)이며, 오른쪽 사진은 PCB 단면의 온도 분포 사진(b)이며, Table 4은 해석 및 실험 결과의 지점별로 온도를 정리한 표이다.



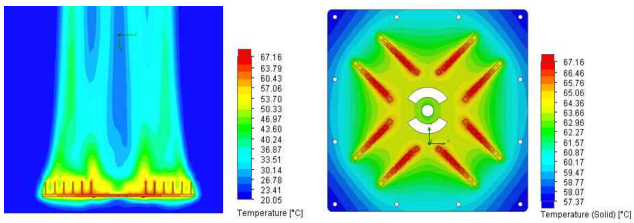
(a) Flow simulation result (b) PCB surface temperature

Fig. 8 Flow simulation result : MPCB

Table 4 Temperature result : MPCB

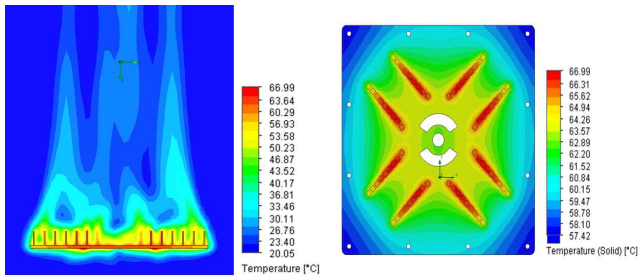
(Unit : °C)

Part	Point 1	Point 2	Point 3	Point 4	Point 5
Test	64.83	64.48	62.66	60.47	59.21
Simulation	63.62	63.28	61.5	59.35	58.11



(a) Flow simulation result (b) PCB surface temperature

Fig. 9 Flow simulation result : FPCB (Symmetry)



(a) Flow simulation result (b) PCB surface temperature

Fig. 10 Flow simulation result : FPCB (Asymmetry)

4.2 FPCB(대칭), FPCB(비대칭) 해석 결과

FPCB(대칭) 해석 결과 B 방향의 단면 LED 온도가 67.16°C로 확인되었다. 1번 지점은 63.96°C, 2번 지점은 63.48°C, 3번 지점은 61.34°C 4번 지점은 58.83°C, 5번 지점은 57.47°C의 해석 결과를 확인하였고, FPCB(비대칭) 해석 결과 B 방향의 단면 LED 온도가 66.99°C 로 측정되었다. 1번 지점은 63.85°C, 2번 지점은 63.36°C, 3번지점은 61.30°C 4번 지점은 58.86°C, 5번 지점은 57.53°C의 해석 결과를 확인하였다.

Fig. 9은 FPCB(대칭)의 B방향의 단면의 온도 분포의 결과 사진(a)이며, 오른쪽 사진은 PCB 단면의 온도 분포 사진(b)이다. Fig.

Table 5 Temperature result : FPCB (Unit : ℃)

	Part	Point 1	Point 2	Point 3	Point 4	Point 5
FPCB (Symmetry)	Simulation	63.99	63.51	61.37	58.84	57.47
FPCB (Asymmetry)	Simulation	63.85	63.36	61.3	58.86	57.53

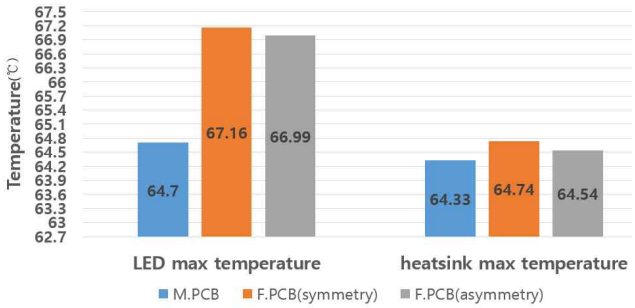


Fig. 11 Temperature result according to type of PCB

10은 FPCB(비대칭)의 B방향의 단면의 온도 분포의 결과 사진(a)이며, 오른쪽 사진은 PCB 단면의 온도 분포 사진(b)이고, Table 5은 FPCB(비대칭)과 FPCB(비대칭) 해석결과의 지점별로 온도를 정리한 표이다.

4.3 해석 결과 비교

앞서 산출한 해석 결과를 기준으로 MPCB, FPCB(대칭), FPCB(비대칭)의 온도 결과를 비교하였다.

첫 번째로 MPCB의 해석을 진행한 결과 FPCB(대칭), FPCB(비대칭) 보다 온도나 낮게 형성 되었다. LED 온도는 MPCB가 64.70°C, FPCB(대칭)은 67.16°C, FPCB(비대칭)은 66.99°C이며, 방열판 온도 또한 3개의 조건 중 MPCB가 가장 낮은 온도 64.33°C로 FPCB(대칭)은 64.74°C, FPCB(비대칭)은 64.54°C에 비해 MPCB의 방열 성능이 좋다. Fig. 11은 PCB 종류에 따라서 LED 온도 및 방열판 온도 그래프를 나타낸 사진이다.

두 번째로는 PCB의 측정 지점인 1번 지점과 5번 지점의 온도 차이를 분석하였으며, 그 결과 MPCB는 5.51°C로 FPCB에 비해 온도 차이가 가장 낮게 확인 되었으며, FPCB는 비대칭의 구조가 6.32°C로 대칭보다 0.20°C 낮게 확인 하였다.

전체 온도 차이를 앞서 유도한 수식 (7)으로 계산한 결과 MPCB는 7.66°C, FPCB(대칭)은 10.7°C, FPCB(비대칭)은 10.49°C로 MPCB가 FPCB에 비해 온도 차이는 가장 낮았고, FPCB는 FPCB(비대칭)의 온도가 0.21°C 우수한 열 전달 성능을 확인하였다.

세 번째로는 앞서 유도한 수식 (8)로 PCB단면에서의 가장 높은 온도와 낮은 온도의 차이를 계산 하였으며, 결과는 MPCB가

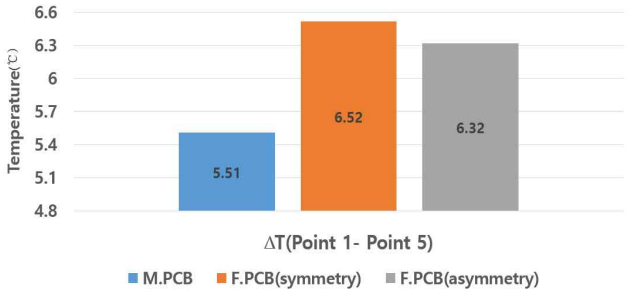


Fig. 12 Difference between temperature at point 1 and temperature at point 5

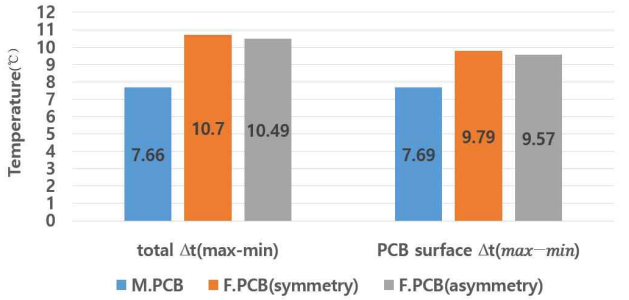


Fig. 13 Temperature difference between high and low temperatures and temperature difference in PCB sections

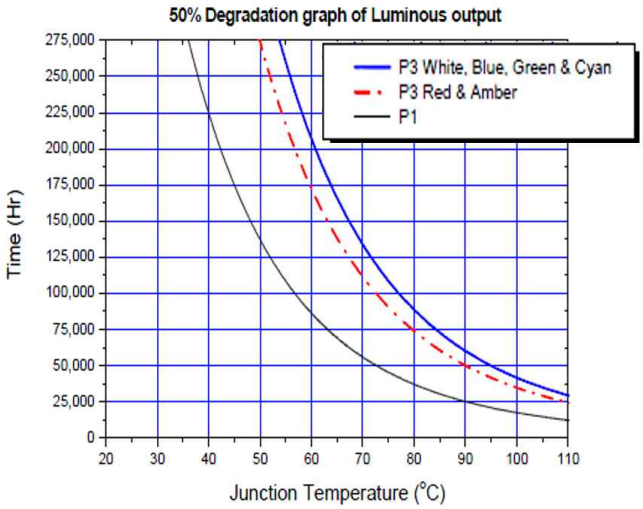


Fig. 14 A picture showing the same life expectancy as the LED temperature obtained from the LED life graph

7.69°C, PCB(대칭)은 9.79°C, FPCB(비대칭)은 9.57°C로 MPCB가 약2°C 이상 낮게 확인이 되었다.

Fig. 12는 5개의 지점에서 1번 지점과 5번 지점의 온도 차이를 나타낸 그래프이며, Fig. 13는 온도 차이를 그래프로 나타낸 사진이다. 왼쪽의 그래프는 전체 온도 차이를 나타낸 그래프이며, 오른쪽의 그래프는 PCB 단면에서의 온도 차이를 나타낸 그래프이다.

마지막으로 MPCB, FPCB(대칭), FPCB(비대칭)의 T_j를 산출하여 비교하였다. MPCB의 경우 T_j는 72.20°C로 앞서 제시한

Table 6 Temperature result (Unit : ℃)

PART	MPCB	FPCB (Symmetry)	FPCB (Asymmetry)
LED max temperature	64.70	67.16	66.99
Heatsink max temperature	64.33	64.74	64.54
LED T_J	72.20	74.66	74.49
Total $\triangle T$	7.66	10.7	10.49
PCB surface $\triangle T$	7.69	9.79	9.57
$\triangle T_{(Pbint1-Pbint5)}$	5.51	6.52	6.32
Weight (gf)	150	30	50

LED수명 그래프에서 약 50,000시간이 가능한 접합온도를 유지하고 있다. FPCB(대칭), (비대칭)의 T_J는 74.66°C, 74.49°C로 MPCB와는 약 2.4°C의 온도 차이를 보여 이는 LED 수명은 MPCB와 같은 50,000시간의 결과를 확인 하였다. Fig. 14는 앞서 제시한 LED수명 그래프에서 LED온도 결과로 LED 수명을 나타내는 사진이다. Table 6은 각각의 PCB에서의 LED의 T_J를 산출한 결과를 정리하였으며, 앞에서 정리한 그래프의 산출된 결과도 같이 정리하였다.

4. 결 론

현재 LED조명에서는 LED의 온도의 중요성에 대해 많은 연구들이 활발하게 이루어지고 있다. 이에 본 논문에서는 LED 조명에서 사용하는 MPCB의 대체 소재로 FPCB를 제안하고 방열 성능을 분석하였다.

먼저 열 유동 해석 결과의 신뢰성을 얻기 위해 해석 결과와 실험 결과를 비교하여 2% 미만의 결론을 얻어 열 유동 해석의 신뢰성을 확인하였다.

이후 3가지 PCB에 LED온도는 MPCB는 64.70°C, FPCB(대칭)은 67.16°C, FPCB(비대칭)은 66.99°C로 약 2.2°C의 온도 차이를 보였다.

LED온도가 MPCB가 가장 낮은 이유를 확인하기 위해 전체 온도 분포를 확인 한 결과 MPCB는 7.66°C, FPCB(대칭) 10.7°C, FPCB(비대칭) 10.49°C로 약 3°C의 높은 온도 차이를 나타내고 있고, PCB 단면에서의 온도 차이도 MPCB보다 FPCB가 약 2°C 높게 형성이 되어 LED온도 성능이 좋을수록 전체 온도 차이와 PCB 단면에서의 온도 차이는 낮음을 알 수 있었다.

LED온도를 기준으로 LED 접합온도를 계산하여 LED수명을 계산한 결과 3개의 PCB모두 50,000시간의 결과를 확인하였다.

MPCB의 무게는 150 gf, FPCB(대칭)은 30 gf, FPCB(비대칭)은 50 gf으로 FPCB가 MPCB보다 경량화가 가능함을 확인하였다.

MPCB의 대체 원으로 FPCB를 분석을 진행한 결과 LED 온도 및 온도 분포는 MPCB가 우수한 결과를 얻었지만, 이는 LED수명에서 모두 같은 수명임을 확인 하여 대체가 가능하다고 판단된다.

References

[1] An, S. Y., 2014, LED lighting industry market status and prospect, Korean Industrial Development Association Policy Planning Division, 8-9.

[2] Baek, J. J., 2015, A Study on LED Street Lighting using High Power COB PKG, A Thesis for a Master Degree, Korea Polytechnic University, Republic of Korea.

[3] Jung, H. J., Eun, K.T., Lee, E. U., Jung, K. Y., Choi, S. H., Choa, S. H., 2014, Flexible Durability of Ultra-Thin FPCB, J. Microelectron. Packag. Soc., 21:4 69-76.

[4] Lee, S. W., Kim, J. Y., Kwon, S. J., SEO, H. M., 2012, Polyimide and Polyimide Composite Films, Polymer Science and Technology 24:1.

[5] Ham, J.G., Shin, Y.C., Cho, H.H., 2016, Numerical Study on the Design of Heat Dissipation in the Skin Care Device using LED Light, J. of Advanced Engineering and Technology, 9:4 361-368.

[6] Seung, J. P., Lee, T. H., Lee. K. S., 2016, Design Optimization of an Extruded-type Cooling Structure for Reducing the Weight of LED Streetlights, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineerin, 28:10 394-401.

[7] Moon, D. Y.,2016, A Study of the Heat Radiation Performance for COB LED on the Heatsink Structure, Department of Nano-Optical Engineering, Graduate School of Industrial Technology & Management Korea Polytechnic University, 48.

[8] Moon, D. Y., 2016, A Study of the Heat Radiation Performance for COB LED on the Heatsink Structure, Department of Nano-Optical Engineering, Graduate School of Industrial Technology & Management Korea Polytechnic University, .48 Table 3-2.

[9] Seoul Semiconductor, 2014, Spec sheet-SAW0LH0A - Acrich MJT5050, SEOUL SEMICONDUCTOR CO. LTD, P3.

[10] Seoul Semiconductor, 2005, Thermal Management Guide, SEOUL SEMICONDUCTOR CO. LTD.