

## 30 W COB LED광원의 효율 개선을 위한 방열설계에 관한 연구

서범식<sup>1</sup>, 이기정<sup>1</sup>, 조영식<sup>1</sup>, 박대희<sup>1,a</sup>

<sup>1</sup> 원광대학교 정보통신과

### A Study on Improving the Efficiency of a Heat Dissipation Design for 30 W COB LED Light Source

BumSik Seo<sup>1</sup>, KiJoung Lee<sup>1</sup>, Young Seek Cho<sup>1</sup>, and Dae-Hee Park<sup>1,a</sup>

<sup>1</sup> Department of Information & Communication Engineering, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea

(Received December 17, 2012; Revised December 24, 2012; Accepted January 3, 2013)

**Abstract:** In this paper, thermal analysis of heatsink for 30 W class Chip-on-Board (COB) LED light source is performed by using SolidWorks Flow Simulation package. In order to increase the convection heat transfer, number of fin and shape of the heatsink is optimized. Furthermore, a copper spread is applied between the COB LED light source and the heatsink to mitigate the heat concentration on the heatsink. With the copper spread, the junction temperature between the COB LED light source and the heatsink is 50.9°C, which is 5.4°C lower than the heatsink without the copper spread. Due to the improvement of the junction temperature, the light output is improved by 5.8% when the LED light source is stabilized. The temperature difference between the simulation and measured result of the heatsink with the copper spread is within 2°C, which verifies the validity of the thermal design method using a simulation package.

**Keywords:** COB, Thermal design, Copper spreader, Heatsink

#### 1. 서론

최근 LED조명등은 저 전력, 고효율 제품으로 기존 백열등, 형광등보다 에너지 효율이 우수할 뿐만 아니라 높은 조도와 긴 수명 및 강한 내구성을 가지고 있는 장점 때문에 기존 조명등에서 점차 LED 조명등으로 대체되고 있는 추세이다 [1,2]. 하지만 기존 제품

에 비해 고가이며 접합 온도 상승에 따라 색 온도 변이, 광효율 저하 및 수명 단축이 심화되는 문제점이 발생되었다 [3-5]. LED 접합 온도 상승에 따른 열적 문제를 해결하기 위해 SMD (surface mount device) 패키징 기술이 개발되었다. 하지만 고출력 조명등의 사용으로 인해 다량의 칩을 어레이 하는 구조를 사용하여 클레어 현상과 쉐도우 현상의 문제점이 발생되어 빛의 품질이 저하되고 있으며 SMD패키지의 복잡한 공정의 해결과 열 전달 경로의 최소화가 필요하게 되었다. 이러한 문제를 해결하기 위해 COB (chip on board) 패키징 기술이 개발되었다. 현재 고출력 고집적 LED모듈은 COB형태의 패키지가 주종을 이루고 있으며 열전달 면에서 경로를 최소화하는 발열구조로

a. Corresponding author: [parkdh@wku.ac.kr](mailto:parkdh@wku.ac.kr)

연결되어 있어 열 특성을 20% 이상 개선이 가능하며 응용 분야에 따라 다양한 타입의 패키지들이 적용되고 있다 [6]. 그러나 작은 면적에 다량의 고출력 칩을 집적화하기 때문에 기존 방열판을 사용한 방열은 문제점이 있으며 중앙에 열이 응집되는 현상으로 인해 수명저하 및 광 출력 감소의 원인이 되고 있다 [7]. 방열설계에 대한 선행 연구로는 접합 온도 감소를 위해 방열핀의 개수와 형상 각도에 대한 연구 [8], 냉각팬을 사용한 열 유동 해석을 통해 유속 변화와 냉각 성능의 상관관계에 관한 연구 [9], 진동형 히트파이프를 사용하는 방열구조를 설계하여 LED램프의 신뢰성 향상에 관한 연구 [10]가 진행되고 있다. 기존 SMD타입 패키지를 적용한 방열판에 대한 연구는 활발하나 COB타입의 패키지가 적용된 방열판에 관한 연구는 없는 실정이다. 또한 COB 패키지는 작은 면적에서 높은 열이 발생하기 때문에 발생된 열을 효과적으로 방출하는 구조가 필요하다.

따라서 본 논문에서는 30 W급 COB LED광원에 적합한 방열판을 설계하고자 한다. 설계 요소로 4가지 형상을 설계하여 전도와 대류 특성 분석을 통해 최적화를 이루고자 하였다. 또한 방열판의 중앙 부분에 열이 응집되는 현상을 개선하기 위해 열 전도율 향상을 위한 구리 확산판을 설계하여 접합 온도를 감소하고자 하였다. 제작된 방열판의 특성 평가를 통해 접합 온도와 광속의 상관관계를 분석하여 광 효율을 개선하고자 하였다.

## 2. 실험 방법

### 2.1 COB패키지 및 방열판 설계

본 논문에서는 그림 1(a)와 같이 CITILED의 32 V, 0.9 A를 사용하는 30 W급 COB패키지를 사용하였다.

그림 1(b)는 X-ray를 통한 패키지 구조로 0.42 W 칩이 12직렬 6병렬로 총 72개 배열된 구조이다. PCB (printed circuit board)의 크기는 가로 28 mm, 세로 28 mm, 두께 1.4 mm로 작은 면적에 다량의 칩의 직접화로 열에 대한 문제점이 예상된다.

그림 2는 COB패키지의 핀의 위치 및 형상의 변화에 따른 4가지 방열판을 보여준다. 방열판 설계를 위하여 SolidWorks 3D 모델링 프로그램을 사용하여 가로 120 mm, 세로 120 mm, 높이 62 mm, 베이스 두께 7 mm, 핀 두께 2.8 mm는 동일하게 적용하였다. 설계된 4가지 형상은 핀 구조와 형상의 변화에 따라 전도와 대류 특성을 고려하였다.

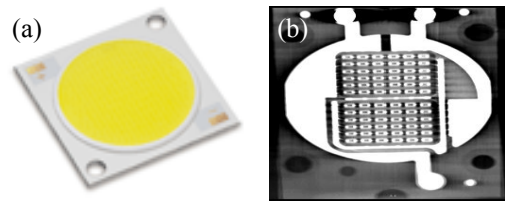


Fig. 1. The shape and structure of the COB package. (a) visual picture, (b) X-ray.

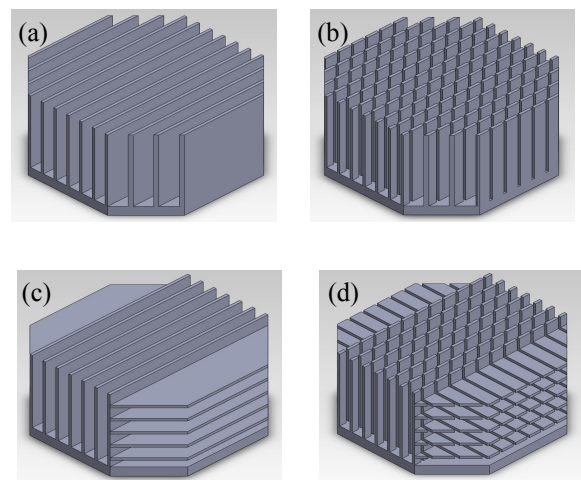


Fig. 2. The schematic of the four different types of heat sink. (a) Type A, (b) Type B, (c) Type C, (d) Type D.

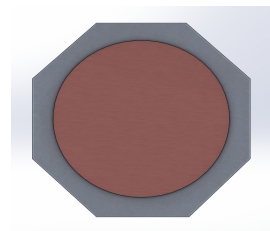


Fig. 3. Applied to copper spreader in heatsink.

전도에 따른 온도 특성을 분석하기 위해 핀이 방열판 전체로 연결된 (a)형상과 핀을 세밀하게 나눈 (b)형상을 설계하였으며 온도 상승에 따른 공기의 유동 특성 분석을 위해 핀이 방열판 전체로 연결되어 있으며 외곽 부분에 핀을 수평으로 배열한 (c)형상과 핀을 세밀하게 나눈 (d)형상으로 설계하였다.

그림 3은 방열판 베이스의 열 전도율 개선을 위해 지름 120 Ø, 두께 1 mm로 설계된 구리 확산판을 보여준다.

**2.2 시뮬레이션 조건**

설계된 방열판의 열 유동 해석은 SolidWorks의 flow simulation을 활용하였다. 표 1은 열 해석에 적용된 물성값을 나타내고 있으며 1 m<sup>3</sup>의 임의의 공간을 설정하여 기압 1 atm, 내부 온도 25°C, 열 전달계수 5 W/m<sup>2</sup>C, 방사율 0.5의 조건을 설정하였으며 수렴성 향상을 위해 70만개 이상의 메쉬를 지정하였다.

Table 1. Applied to properties in simulation.

	Conductivity [W/mK]	Density [kg/m <sup>3</sup> ]	Specific Heat [J/kg °C]
Sapphire	23.1	3,980	761
Copper	401	8,933	385
Dielectric	0.3	1,900	1,150
Encap	0.5	1,200	2,100
Al-6061	193	2,700	900

**2.3 측정 방법**

열 특성 평가는 제작된 방열판을 내부 유동이 없는 1 m<sup>3</sup> 박스를 제작하여 내부온도 25°C를 유지하였다. 방열판의 열 분포도 측정을 위해 Omega사의 접촉식 온도계 (ThermoCouple)를 사용하여 4곳의 포인트를 지정한 후 5초 단위로 1시간 동안 측정하였다. 온도 상승에 따른 광 출력 측정을 위해 EVERFINE사의 적분구 시스템인 PMS-50을 사용하여 5초 단위로 1시간 동안 측정하였다. COB패키지의 접합 온도 (junction temperature) 측정을 위해 Mentor Graphics사의 T3Ster를 사용하였다.

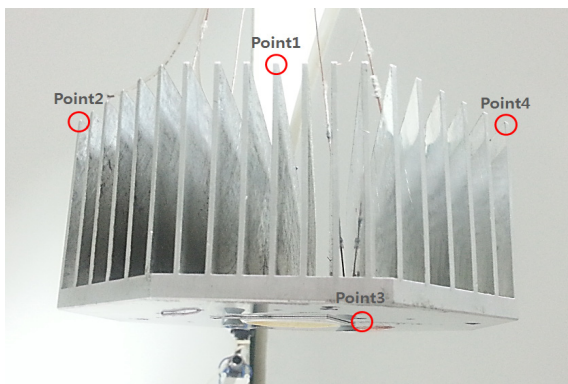


Fig. 4. Produced heat sink and temperature measuring points.

그림 4는 최적 설계된 방열판으로 온도 분포 특성 측정을 위한 4곳의 포인트를 보여준다. 방열판 중심부인 포인트 1, 3의 온도와 외곽부의 포인트 2, 4의 온도 차를 측정하여 방열판의 온도 분포도를 평가하였다.

**3. 결과 및 고찰**

**3.1 방열판 형상에 따른 온도 분포도**

방열판의 형상에 따른 온도분포도를 확인하기 위하여 열 유동 시뮬레이션을 사용하여 4가지 형상의 전도와 대류 현상을 분석하였다. 표 2는 시뮬레이션 결과 4가지 형상의 접합 온도로 A타입에서 가장 낮은 58.6°C를 확인하였다.

Table 2. Simulation temperatures of the four different types of heat sink.

Type	Temperature [°C]
A	58.6
B	61.8
C	68.0
D	62.9

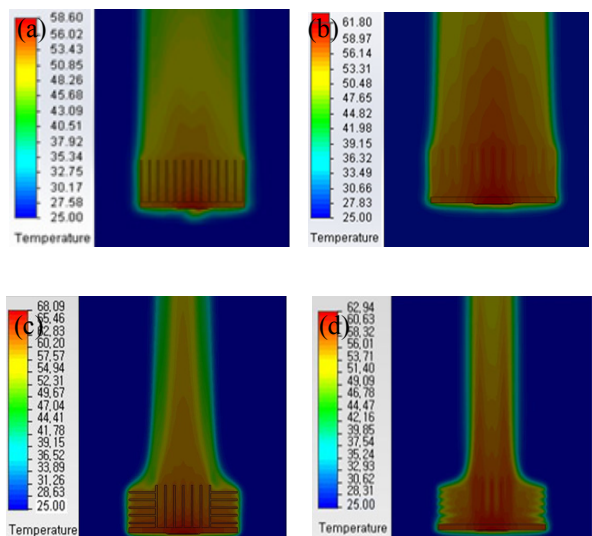


Fig. 5. Temperature contour of the four different types of heat sink. (a) Type A, (b) Type B, (c) Type C, (d) Type D.

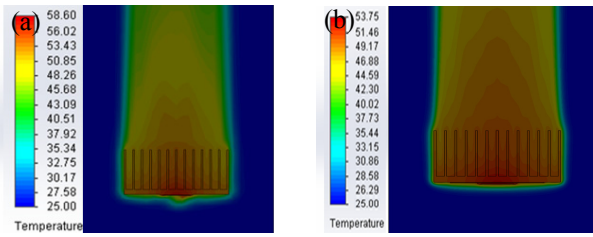


Fig. 6. Temperature distribution the according to presence or none of A-type in copper spreader. (a) without copper, (b) with the copper.

그림 5는 방열판 주변의 온도 분포도를 보여 준다. 열 해석 결과 방열판의 공기유동 흐름은 방열판 외부에서 냉각된 공기가 방열판 중심으로 유입되고, 방열판 안쪽으로 들어온 공기는 고온의 방열판에 의해서 온도가 상승함에 따라 밀도가 주변 공기보다 낮아져 상승하였다. 각각의 형상에 따라 열 분포도가 다르게 나타났다. C와 D타입의 경우 수평으로 돌출된 핀에 의해 고온의 공기가 상승하는 것을 방해하는 구조로 대류를 방해하여 방열판의 중심부에 온도가 집중되어 전체적인 온도가 상승하는 현상을 나타냈다. 하지만 D타입의 방열판은 핀을 세밀하게 설계하면서 발열에 의해 발생된 고온의 공기가 상승하는 것을 방해하는 핀이 없어 C타입에 비해 낮은 온도 특성을 확인하였다.

B, D타입의 경우 핀이 세밀하게 설계되어 핀이 수용할 수 있는 열용량이 작아졌으며 A타입과 다르게 핀에 의한 전도가 사라져 중심부의 온도가 포화되었으며 방열판 외곽으로의 전도가 원활하지 않았다.

A타입은 핀에 의한 전도와 고온의 공기가 상승하는 것을 방해하는 핀이 없어 4가지 형상 중 가장 좋은 열 특성을 확인하였지만 COB패키지의 특성 상 작은 면적에 고출력을 발광하기 때문에 발생된 열이 방열판 중심부에 집중되는 현상을 확인하였다. 중앙 부분에 열이 집중되는 문제점 해결을 위해 방열판 베이스에 구리 확산판을 부착하여 집중된 열을 방열판의 중심부에서 외곽으로 확산시키고자 하였다.

그림 6의 구리 확산판 적용 유·무에 따른 열 유동 시뮬레이션 결과이다. (a)는 구리 확산판을 적용하지 않을 경우 58.6°C, (b)는 구리 확산판을 적용한 경우 53.7°C로 적용함에 따라 4.9°C 점합 온도가 감소하였다. 이러한 결과는 구리 확산판을 통한 베이스 부분의 전도율이 향상되어 방열판 전체로 열이 고르게 전달되었기 때문이다.

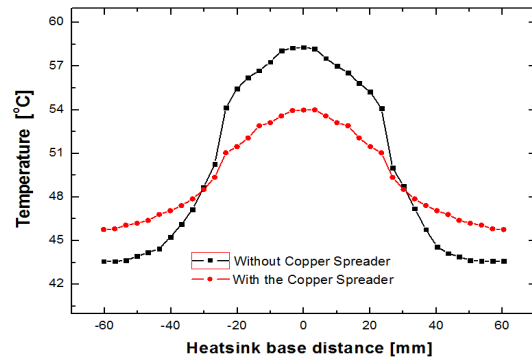


Fig. 7. Temperature characteristics with respect to the relative distance from the center of the heat sink.

그림 7은 방열판 베이스 거리에 따른 온도 특성으로 베이스 부분에 임의에 선을 그어 표면 온도를 그래프화하였다. 구리 확산판을 적용하지 않은 경우 방열판 외곽 온도 42.6°C, 중심부 온도 57.2°C로 온도가 14.7°C 차이가 있음을 확인하였다. 구리 확산판을 적용한 경우 방열판 외곽 온도 45.7°C, 중심부 온도 52.6°C로 온도 차이가 6.9°C를 나타냈으며 구리 확산판 적용에 따라 중심부와 외곽부의 온도 차이는 7.7°C로 감소됨을 확인하였다. 이러한 결과는 전도율이 높은 구리 확산판을 방열판 베이스 부분에 적용하여 중앙의 열이 외곽으로 확산되었기 때문이다.

### 3.2 광속의 온도 의존성 평가

구리 확산판 유·무에 따른 광속의 온도의존성을 평가하였다.

그림 8은 구리 확산판을 적용하지 않은 방열판의 온도에 따른 광속을 나타내고 있다. 측정 결과 방열판의 중심부인 포인트 3의 온도 49.5°C, 중심부의 핀 부분인 포인트 1의 온도 48.8°C로 온도가 높았으며 외곽 부분인 포인트 2와 4의 온도는 각각 45.4°C, 45.6°C를 보여준다. 중심부인 포인트 1, 3의 온도와 외곽부 포인트 2, 4의 온도차가 많은 것을 확인하였다. 이러한 결과는 방열판 중심부에서 외곽으로 열 확산이 원활하지 않다는 것이다. 광속은 온도가 상승함에 따라 감소하였으며 안정화 후 2,542 lm을 보여준다.

그림 9는 구리 확산판을 적용한 방열판의 온도에 따른 광속을 나타내고 있다. 측정 결과 중앙부인 포인트 3의 온도가 47.3°C로 온도가 가장 높았으며 중심

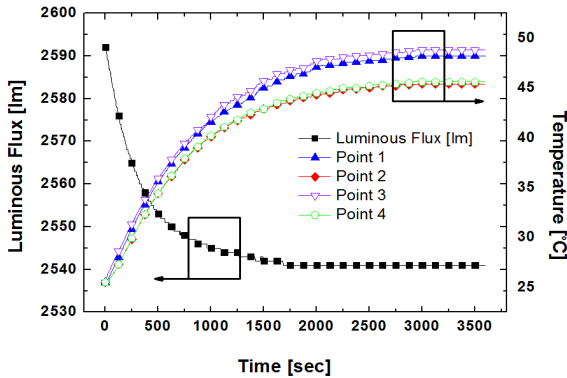


Fig. 8. Temperature and lumen maintenance factor with respect to time of the heat sink without the copper spreader.

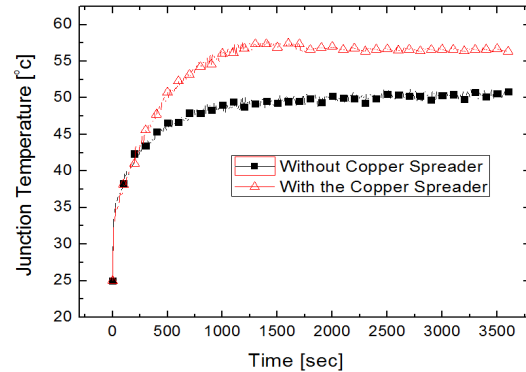


Fig. 10. Voltage and junction temperature characteristics when without attached copper spreader.

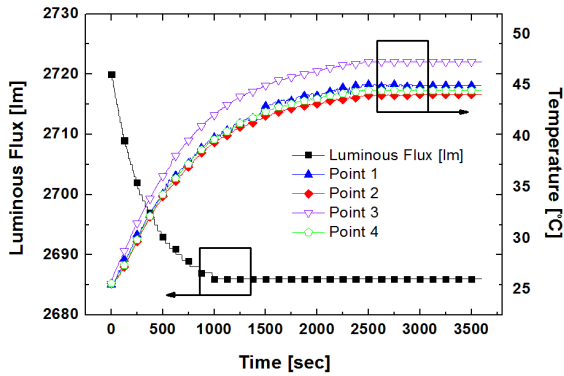


Fig. 9. Temperature and lumen maintenance factor with respect to time of the heat sink with the copper spreader.

부의 핀 부분인 포인트 1의 온도 45.2°C, 외곽부의 핀 부분 포인트 2, 4의 온도가 각각 44.3°C, 44.5°C로 구리 확산판 적용한 결과 포인트 1과 포인트 2, 4의 온도가 비슷하게 측정되었다. 이는 방열판 중심에서의 열이 외곽으로 확산이 원활히 이루어져 중심부의 핀 온도와 외곽부의 핀의 온도가 비슷하다는 것을 알 수 있다. 광속은 온도 상승에 따라 감소되었으며 안정화 후 2,685 lm을 보여준다. 구리 확산판 적용에 따라 중앙의 열이 외곽으로 확산되면서 온도가 빠르게 안정되었으며 그에 따라 광속이 143 lm 개선되었다.

그림 10은 구리 확산판 적용 유·무에 따른 접합 온도를 보여준다. 적용하지 않았을 때 56.3°C, 적용하였을 때 50.9°C를 보여주었다. 구리 확산판을 적용함에 따라 5.4°C가 감소하였다. 또한 시뮬레이션과 약 2°C의 오차로 해석결과의 타당성을 입증하였다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 30 W급 COB LED광원용 방열판 형상에 따른 전도와 대류 특성을 시뮬레이션과 실험을 통해 최적화하였다.

시뮬레이션 결과 4가지 형상 중 A타입에서 58.6°C로 가장 좋은 특성을 보여줬다. 하지만 방열판 중심부에 열이 응집되는 현상이 발생하여 이를 개선하기 위해 구리 확산판을 적용하였다. 그 결과 패키지의 접합 온도가 4.9°C 감소하여 열 응집현상이 개선되었다.

최적의 A타입 방열판을 제작하여 구리 확산판 적용 유·무에 따른 광속의 온도 의존성을 측정하였다. 그 결과 구리 확산판을 적용한 경우 접합 온도가 50.9°C로 적용하지 않은 경우보다 5.4°C 감소함에 따라 안정화 후의 광속이 143 lm 개선되었다.

즉, 접합 온도의 감소로 안정화 후의 광속은 5.8% 개선됨을 의미한다. 또한 시뮬레이션과 실험의 비교 시 약 2°C의 오차로 해석 결과의 타당성을 입증하였다.

따라서 본 논문에서는 COB의 열 응집현상을 개선하기 위해 열 확산판을 적용한 결과 접합 온도 감소로 광 효율이 향상되었다. 또한 해석 결과의 타당성을 입증하여 시뮬레이션을 통한 열 설계의 효율성을 확인하였다.

이러한 연구는 COB형 광원을 사용한 열 설계 시 참고 자료가 될 것으로 사료된다. 향후 강제대류 방열방식과 전도성 플라스틱을 사용한 방열판을 설계하여 무게 감소 및 방열 성능이 향상된 LED 조명시스템을 연구할 계획이다.

### 감사의 글

본 연구는 전북 지방 중소기업청에서 지원하는 “Eco-Design을 적용한 Intelligent LED 엔진 시스템 개발” 및 LED 농 생명 융합기술 개발 및 산업화 지원의 연구비 지원에 의한 것입니다.

### REFERENCES

- [1] N. Narendran and Y. Gu, *Journal of Display Technology*, **1**, 167 (2005).
- [2] C. J Weng, *ICHMT*, **36**, 245 (2009).
- [3] S. J. LEE, *Opt. Eng.*, **45**, 1 (2006).
- [4] Korea Electronics Association, “2008 LED the Run of the Market”, 9 (2008).
- [5] D. W. Hong, S. J LEE, *OSK*, **21**, 118 (2010).
- [6] S. H Yu, *ICHMT*, **53**, 2935 (2009).
- [7] G. T. Ren, K. L. Pan, W. T. Zhu, and J. P. Wang, *Advanced Materials Research*, **199**, 152 (2011).
- [8] J. H. Kang, *KSPE*, **2010**, 421 (2010).
- [9] M. S. Ko, *KSME*, **33**, 947 (2009).
- [10] J. W. Jang, *KSME*, **2010**, 1379 (2009).