

# 주거용 13.5W COB LED 다운라이트 방열판 설계에 따른 열적 특성 분석

권재현\*, 이준명\*, 김효준\*, 강은영\*, 박건준\*\*

## Thermal Characteristics of the design on Residential 13.5W COB LED Down Light Heat Sink

Jae-hyun Kwon\*, Jun-myung Lee\*, Hyo-jun Kim\*, Eun-young Kang\*, Keon-jun Park\*\*

**요약** 차세대 친환경 조명인 LED소자는 온도가 올라갈수록 LED의 발광효율이 떨어지고 80°C이상 올라갈수록 수명이 감소하고 스펙트럼선의 파장이 본래의 파장보다 장파장 쪽으로 이동하는 Red Shift현상 및  $T_j$  상승에 따라 광 출력이 감소되는 큰 문제점이 대두되고 있어 열을 최소화 할 수 있는 방열설계 연구가 진행 중이다. COB Type LED의 경우 보드에 LED 칩을 직접 결합시켜 열 저항을 낮췄지만 주거용 13.5W의 경우 방열판을 통해 발열 문제를 해결해야한다. 본 논문에서는 주거용 13.5W COB LED 다운라이트에 맞게 Heat Sink를 설계하고, 그 설계한 Heat Sink와 13.5W COB를 패키징하여 Solidworks flow simulation을 통해 최적의 Fin두께를 선정하여 접촉식 온도계를 사용한 열적 특성을 분석 하고 평가 하였다.

**ABSTRACT** There are several severe problems for LED device, the next generation's economy green lighting: as the temperature increases, the lamp efficiency decreases; if the temperature is over 80°C, the lifetime of lighting decreases; Red Shift phenomenon that wavelength of spectrum line moves toward long wavelength occurs; and optical power decreases as  $T_j$  increases. Thus, Heat sink design that can minimize the heat of LED device is currently in progress. While the thermal resistance of COB Type LED was reduced by direct coupling of LED chip to the board, residential 13.5W requires Heat sink in order resolve heat issue. This study designed Heat Sink suitable for residential 13.5W COB LED down-light and selected the optimum Fin thickness through flow simulation that packaged the designed Heat Sink and 13.5W COB. And finally it analyzed and evaluated the thermal modes using contacting thermometer.

**Keywords :** Heatsink, Optimum Design, COB LED, Temperature characteristics, Down light.

### 1. 서론

LED반도체의 효율 증가 및 가격 하락으로 인하여 조명기구로서의 활용이 증대되고 있다. 연구용으로 개발되던 LED조명기구가 방열문제를 해결하여 상용화에 이르렀으나, 고용량을 요

구하는 사회적 욕구로 반도체 소자의 단일 용량이 커지고 있다[1, 2]. 고효율 LED의 경우 인가된 에너지에 대해 통상적으로 20% 정도의 광출력과 80% 정도의 열로 전환되며, 그 열에 의한 문제로 인해 고효율 LED의 수명 저하 및 광출력에 직접적인 영향을 미치는 것으로 알려져

\* Master of Information and communication engineering, Wonkwang University (kojman@wonkwang.ac.kr),

\*\* Corresponding Author, Wonkwang university research fellow (Bird75@wonkwang.ac.kr)

Received : January 07, 2014

Revised : January 17, 2014

Accepted : January 27, 2014

있다[3]. 이러한 문제점들을 해결하기 위해서 방열량과 사용 환경 및 최대 허용온도 등에 대한 목표가 결정되어야 하고, 설치 환경과 방법에 따른 열전달 계수의 예측과 냉각 장치 구조 설계 등이 이루어져야 한다[4]. 또한 LED 접합 온도 상승에 따른 열적 문제를 해결하기 위해 SMD (Surface mount device)패키징 기술이 개발되었다. 하지만 고효율 조명등의 사용으로 인해 다량의 칩을 어레이 하는 구조를 사용하여 클레어 현상과 웨도우 현상의 문제점이 발생되어 빛의 품질이 저하되고 있으며 SMD패키지의 복잡한 공정의 해결과 열전달 경로의 최소화가 필요하게 되었다. 이러한 문제를 해결하기 위해 COB (chip on board) 패키징 기술이 개발되었고, 현재 고효율 고집적 LED모듈은 COB형태의 패키지가 주종을 이루고 있으며 열전달 면에서 경로를 최소화하는 발열구조로 연결되어 있어 열 특성을 20% 이상 개선이 가능하며 응용 분야에 따라 다양한 타입의 패키지들이 적용되고 있다[5]. 하지만 COB 타입의 LED 조명에서 방열이 원활하지 않은 경우, LED의 광 효율이 감소, 색온도 변이, LED 및 주변 부품의 수명단축, 시스템의 신뢰성 불량 등의 문제가 발생하게 된다. 이로 인하여 제품의 수명을 단축시키는 신뢰성 문제를 야기 시킨다[6]. 이러한 열 집적화 문제를 해소하고 열의 확산을 위해 SMD 타입 패키지에 방열판을 적용한 연구는 활발히 진행 중이나, COB 타입의 패키지가 적용된 방열판에 관한 연구는 미비한 실정이다. 현재 방열판의 재료로 쓰이는 알루미늄 베이스 기판은 알루미늄의 특성으로 높은 열전도성과 경량성 등을 살린 고밀도 실장기판이며 파워 COB LED용 기판에 가장 적합하다고 본다[7]. 따라서 본 논문에서는 주거용 13.5W급 COB LED 광원에 적합한 방열판을 효과적으로 설계하고자 한다. 먼저 13.5W COB LED를 선정 및 평가하고 최적의 Fin 두께를 분석하여 알루미늄 기반의 방열판을 설계하고자 한다. 설계 시 면적에 맞게 10개의 Fin을 선정하였으며, 열 유동 시뮬레이션을 통해 분석

하고 제작된 방열판에 접촉식 온도계(HH309A Omega社)를 통한 열적 특성을 분석하여 최적화된 방열판을 설계하고자 하였다.

## II. COB 선정 및 최적의 방열판 설계

### 1. COB 선정 및 분석

주거용에 적합한 13.5W COB LED의 3D형상을 그림 1에 나타내었다.



그림 1. 13.5W COB LED 3D 형상 설계  
Fig. 1 3D shape design of 13.5W COB LED

본 COB 패키지는 동부LED사의 36~38V 360mA를 사용하는 13.5W급 COB LED 패키지로써 다수의 LED칩이 가로 20mm, 세로20mm 높이가 1.40mm에 집적화 되어있어 열을 해소 할 수 있는 2차 방열판이 필요하다.

### 2. Fin 두께에 따른 방열판 해석

주거용 13.5W급의 방열판을 설계하기위해서 그림 2와 같이 Chip크기에 맞추어 지름 80 $\phi$ , 높이가 7mm 알루미늄 기반 방열판을 설계하였다. 설계 시 Fin의 개수는 기판크기에 비례한 10개로 선정하였으며 Fin 두께는 알루미늄 기반 Base 크기에 맞춰 2mm, 2.5mm, Fin 길이는 28mm 총 크기 35mm로 설계하였다. COB LED와 방열판을 패키징 한 후 열 유동 시뮬레이션을 통해 대류현상과 증가되는 온도를 세밀하게 측정 하기위해 표 1과 같이 설계사양을 설정하였다.

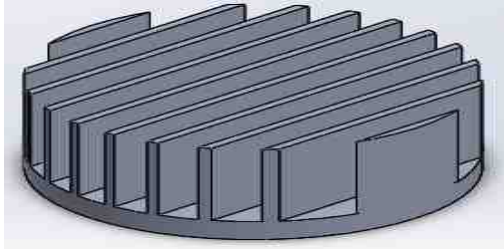


그림 2. 13.5W COB LED 방열판  
Fig. 2 Heatsink of 13.5W COB LED

표 1. Fin 두께 시뮬레이션 설계사양  
Table 1. Fin thickness simulation design specifications

Item	Value
가상공간	1mm <sup>3</sup>
내부기압	1atm (101225 pa)
내부온도	25°C
Fin 두께	2mm, 2.5mm
Mesh	약 100만
Information slot duration	2.7136ms
Data slots per frame	10

열 유동 시뮬레이션인 Flow Simulation을 사용하여 13.5W COB LED 패키지를 Fin 두께 2mm, 2.5mm 방열판에 패키징하여 구동하였을 때 미치는 온도변화를 각각 그림 3과 그림4에 나타내었다.

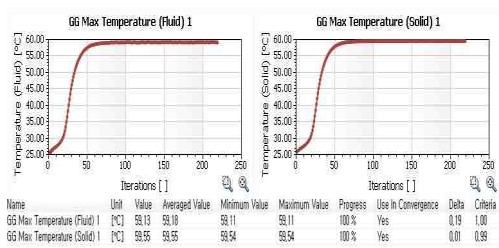


그림 3. Fin 두께 2mm에 의한 열 유동변화  
Fig. 3 Heat flow by 2mm fin thickness

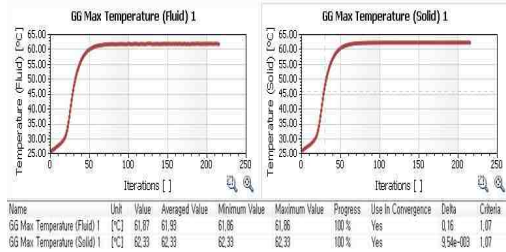


그림 4. Fin 두께 2.5mm에 의한 열 유동변화  
Fig. 4 Heat flow by 2.5mm fin thickness

각각의 시뮬레이션은 약 200번 가량 넘게 구동되었으며, Fin 두께 2mm인 그림 3의 경우 가상공간과 13.5W COB LED 및 방열판의 온도가 각각 59.13°C, 59.55°C를 나타내었으며 Fin 두께 2.5mm인 그림 4의 경우 가상공간과 13.5W COB LED 및 방열판의 온도가 각각 61.87°C, 62.33°C를 나타내었다. 실험을 통해 Fin 두께가 얇아질수록 Fin과 Fin 사이의 공간이 작아져 공기의 유동이 밀집되어 온도가 상승한다는 것을 알 수 있으며, 13.5W급 COB LED 방열판의 최적의 Fin 두께는 지름 800의 경우 그림 3의 Fin 두께 2mm가 적합하다고 사료된다. 하지만 COB LED의 경우 고온에서 수명이 감소하며 온도 상승에 따라 광 출력이 감소되므로 COB와 Heatsink 사이의 열전도소재 TIM(Thermal Interface Material)을 고려하여야 한다. 그림 5와 6은 방열판의 대류 열 유동을 보여주는 시뮬레이션 사진이다. 방열판 밑 부분에서 들어온 찬 공기가 13.5W COB LED 방열판의 열을 편 방향에 따라 수직 방향으로 빠른 유속을 보인다.

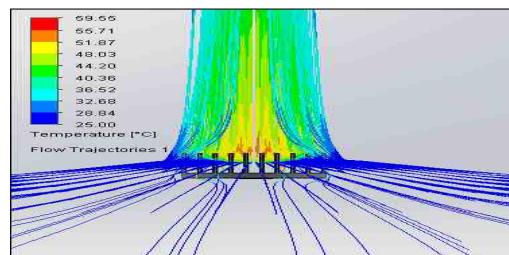


그림 5. Fin 두께 2mm의 대류 열 시뮬레이션  
Fig. 5 simulation of convective heat Fin 2mm thickness.

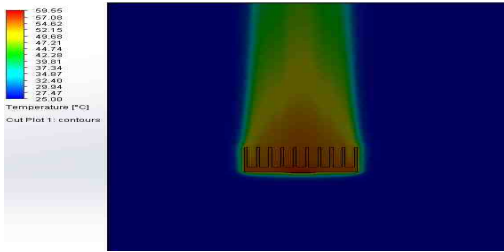


그림 6. Fin 두께 2mm의 대류 열 분포도  
 Fig. 6 Distribution of convective heat Fin 2mm thickness.

## II. 13.5W COB LED 방열판의 실험

열 유동 시뮬레이션을 통해서 13.5W급 COB LED 다운라이트용 방열판은 Fin 두께 2mm에서 효율이 높음을 알 수 있다. 그림 7은 실험을 위해 제작된 13.5W COB LED와 방열판 그리고 최고 온도인 59.55°C에서 열을 낮추기 위해 열 흐름을 도와주는 열 전도소재인 방열패드의 결합을 나타내고 있다. 방열패드의 두께는 2mm로써 기존 연구에서 사용되었던 Thermal grease보다 효과적으로 열을 배출시킬 것으로 사료된다.

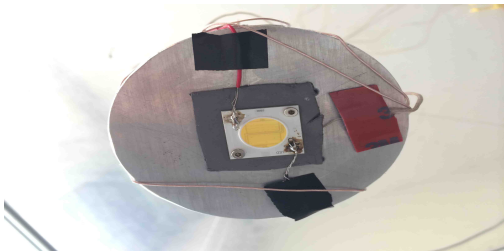


그림 7. 13.5W COB LED 방열판 패키지와 방열패드  
 Fig. 7 13.5W COB LED package and heat sink pad

실험에 앞서 시뮬레이션 설정과 동일한 조건을 구성하기 위해서 1m<sup>3</sup>의 가상공간의 박스를 제작하였으며 내부온도를 25°C로 유지하고 접촉식 온도계(HH309A Omega社)를 사용하여 13.5W COB LED에 37V, 360mA의 전압을 인가하여 발생하는 열적 특성을 분석하였다. 그림 8은 접촉식 온도계의 부착 위치를 나타내고 있다.

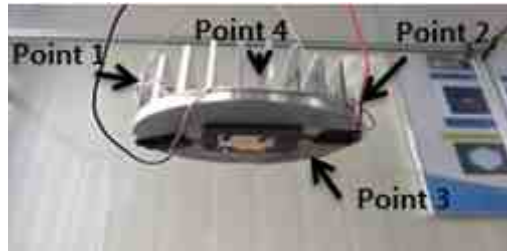


그림 8. 열 측정을 위한 Point  
 Fig. 8 Thermal Point For Measuring

방열판의 양쪽 날개부분에 각각 Point 1, Point 2를 COB LED와 방열판 사이의 방열패드 부분에 Point 3, 방열판 중앙부 핀 사이에 Point 4를 부착하여 온도를 측정하였으며, 접촉식 온도계 프로그램인 Se309를 사용하여 1시간동안 10초에 한번씩 온도 데이터를 수집하여 수집하였다.

접촉식 온도계를 사용하여 실험 측정된 결과를 그림 9에 나타내었다. COB와 방열판 접합면인 Point 3 부분의 온도는 약 56.2°C, 방열판 중앙부 핀 사이의 Point 4 부분의 온도는 약 53.3°C로써 열 응집현상이 방열패드를 통해 약 2.9°C가량 해소됨을 볼 수 있으며 이는 열을 효과적으로 배출시킴을 확인 할 수 있다. 방열판 양쪽 날개부분 Point1 과 Point2의 온도는 약 40°C로써 방열판 Fin끝까지 열 흐름이 잘되고 있음을 알 수 있다. 열 유동 해석 프로그램을 사용한 결과 값과 실제 실험의 온도차이는 약 3°C로 열 전도소재인 TIM을 고려한다면 더 효과적으로 열을 해소 시킬 수 있을 것이라 사료된다.

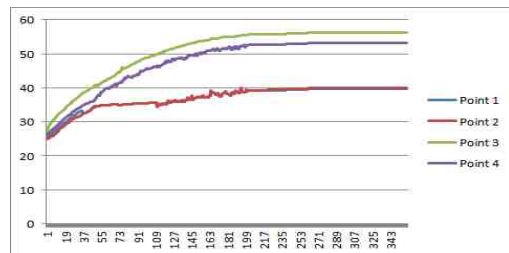


그림 9. 13.5W COB LED 방열판 열 측정 결과  
 Fig. 9 13.5W COB LED Heat Sink heat measurement results

### III. 결론

본 논문에서는 13.5W급 COB LED 다운라이트 최적의 방열판을 Solidworks 프로그램을 통해 실제와 동일한 13.5W COB LED 패키지 및 방열판을 설계하였고, 열 유동 해석 프로그램인 Flow simulation을 사용해 열적 특성을 평가하였다. 제작된 방열판과 13.5W COB LED를 패키징하여 접촉식 온도계를 사용해 온도 평가 및 분석을 하였다.

Fin 두께에 관해 실험결과 Fin 두께가 두꺼워질수록 fin과 fin사이로의 대류 흐름이 원활하지 않아 온도를 해소시키지 못함을 확인하였고 Fin 두께 2mm에서 열 응집현상이 해소됨을 알 수 있으며, 대류 열 분포도 및 대류 열 시뮬레이션을 통해 열 확산 또한 잘 이루어지고 있음을 확인하였다.

실험 시 접촉식 온도계를 통해 측정된 결과 COB와 방열판 사이의 최고온도 56.2°C, Fin 중앙부분 53.3°C를 나타내어 방열소재를 통한 열 확산을 확인할 수 있으며, 시뮬레이션 해석결과와 타당성을 입증하였다. 따라서 본 논문 방열판은 주거용 13.5W COB LED 다운라이트에 적합하다고 사료된다.

### 후 기

본 연구는 (재)진라북도경제통상진흥원의 중소기업 R&D형 성장사다리 구축사업에 의하여 지원되었음.

### References

[1] G. B. Hong, T. S. Jang and Y. K. Kim, "A Study on Receiving Characteristic Analysis of LED Visible Light Communication System based on Remote Dimming Control," KIIECT, Vol.4, No.3, pp. 153-157, 2011.

[2] I. S. Eo, "Analyze on Heat-Sink of LED Lighting Fixture using CF-design," KAIS, Vol 9, No. 6, pp 1565-1568, 2008.

[3] S. Nakamura, T. Mukai, and M. Senoh, "Candela class high-brightness InGaN/AlGaIn double heterostructure blue light emitting diodes," Applied Physics Letter, vol. 64, no. 13, pp. 1687-1689, Mar 1994.

[4] Y. L. Lee and S. H. Hwang, "Study on Thermal Design of a 3W MR16 Light with single High-Power LED," Journal of the KAICS, vol. 11, no. 4, pp. 1203-1209, May 2010.

[5] S. H. Yu, K. S. Lee and S. J. Yook, "Natural Convection around Radial HeatSink," International Journal of Heat and Mass Transfer, vol. 53, no. 13-14, pp. 2935-2938, Jun 2009.

[6] T.S. Jung and H.K. Kang, "Investigation of Natural Convective Heat Flow Characteristics of Heat Sink" Korean Soc. Mech. Eng. Vol. 37, No. 1, pp. 27-33, 2013.

[7] Yonemura Naomi, "TechnoTimes of Japan," Monthly display, Feb 2007.

---

### 저자약력

---

권재현(Jae-Hyun Kwon)

학생회원



2012년 원광대학교  
정보통신공학과 학사  
2012년-현재 원광대학교  
정보통신공학과 석사과정

<관심분야> COB LED 방열설계, 가시광통신

**이 준 명(Jun-Myung Lee)**

**학생회원**



2012년 원광대학교  
정보통신공학과 학사  
2012년-현재 원광대학교  
정보통신공학과 석사과정

<관심분야> 반도체소자 및 광센서

**김 효 준(Hyo-Jun Kim)**

**학생회원**



2013년 원광대학교  
전기공학과 학사  
2014년-현재 원광대학교  
정보통신공학과 석사과정

<관심분야> LED 감성조명, 디밍제어

**강 은 영(Eun-Young Kang)**

**학생회원**



2013년 원광대학교  
정보통신공학과 학사  
2014년-현재 원광대학교  
정보통신공학과 석사과정

<관심분야> LED, 감성조명, 디밍제어

**박 건 준(Keon-Jun Park)**

**정회원**



2005년 원광대학교  
제어계측공학과 학사  
2010년 수원대학교  
전기공학과 박사  
2012년-현재 원광대학교  
리서치펠로우 연구교수

<관심분야> 컴퓨터 및 인공지능, 지능시스템 및 제어