

주거용 13.5W COB LED 다운라이트 방열판 형상 설계에 따른 열 특성 분석

권재현* · 김효준* · 박진준* · 김용갑* · 황근창**

Thermal Characteristics of Designed Heat Sink for 13.5W COB LED Down Light

Jae-Hyun Kwon* · Hyo-Jun Kim* · Keon-Jun Park* · Yong-Kab Kim* · Geun-Chang Hoang**

요약

발광 반도체칩을 주재료로 하는 LED의 열 문제를 해결하기 위해 1개의 보드에 밀집형으로 배열한 COB(Chip on Board)에 관한 관심이 증가하고 있다. 고출력 COB LED의 경우, 소비전력이 높아 발생하는 열을 해결하기 위한 방열이 필수적이며 소자의 온도가 상승하면 효율적인 광 방출을 저해하게 되며 열적 스트레스에 따라 소자의 수명이 급격히 저하된다. 이러한 열적인 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 13.5W급 COB LED와 형상이 다른 4 개의 방열판을 패키징하여 Solidworks Flow Simulation을 통한 열적 특성을 분석한 후, 가장 우수한 특성을 가진 방열판 형상을 실물로 제작하여 13.5W급 COB LED 다운라이트 소자와 결합시킨 다음, 1 m³ 공간에서 접촉식 온도계와 비접촉식 온도계를 사용하여 LED 소자와 방열판 간의 열적 특성을 실물 실험을 통하여 분석 평가하였다.

ABSTRACT

The high power COB(Chip on Board) LED, densely arranged chips on a board, are increasing to resolve heat problems in LED that has luminous semiconductor chips as main materials. In case of high-power COB LED, protection against heat is necessary due to the power consumption is high. Also if the temperature of device increases, the optical emission becomes less efficient and the life rapidly reduces due to thermal stress. This study packaged 13.5W COB LED and heat sink with difference form and produced 13.5W COB LED down-light heat sink by analyzing the thermal modes with Solidworks Flow Simulation. And finally it analyzed and evaluated the thermal modes using contacting and non-contacting thermometers.

키워드

Heat Sink Design, COB LED, Thermal Characteristics, Down Light, Temperature Measurement.

방열판 형상 설계, 온도 측정, 방열 특성, 다운라이트

1. 서론

LED(Light emitting diode)는 차세대 조명 소자로 주목받고 있다. LED는 조명을 비롯해 의료, 농업등

여러 분야에 응용되고 있다. 국가적 절전을 위해 현재 공공기관을 중심으로 실내 백열등과 형광등, 주차장 조명등이 LED로 교체되고 있다[1-3]. 하지만 고출력을 요구하는 사회적 욕구로 인해 반도체 소자의 단일

* 원광대학교 정보통신공학과(kojman@wonkwang.ac.kr)

** 교신저자(corresponding author) : 원광대학교 반도체·디스플레이학부(gchoang@wonkwang.ac.kr)

접수일자 : 2014. 03. 10

심사(수정)일자 : 2014. 04. 21

게재확정일자 : 2014. 05. 15

용량이 커지면서 발열에 의한 문제로 소자의 수명 저하 및 광 출력에 직접적인 영향을 미친다[4-5]. LED 접합부의 온도 상승에 따른 열적 문제를 해결하기 위해 SMD (Surface mount device) 패키징 기술이 개발되었다. 하지만 고출력 조명등의 사용으로 인해 다량의 칩을 배열 하는 구조를 사용하여 글레이 현상과 웨도우 현상의 문제점이 발생되어 발광되는 빛의 품질이 저하되어 SMD 패키지의 복잡한 공정의 해결과 열전달 경로의 최소화가 필요하게 되었다. 이러한 문제를 해결하기 위해 COB 패키징 기술이 개발되었고, COB LED 모듈은 기판위에 직접 Chip을 실장하기 때문에 공정의 단순화가 가능하다. 현재 고출력 고집적 LED 모듈은 COB 형태의 패키지가 주종을 이루고 있으며 열전달 면에서 경로를 최소화하는 발열구조로 연결되어 있어 열 특성을 20% 이상 개선이 가능하며 방열판을 통한 열 응집현상 해소가 가능하다[4]. 하지만 SMD 타입 패키지에 방열판을 적용한 연구는 진행중이나, COB 타입의 패키지에 적용된 방열판에 관한 연구는 미비한 실정이다. COB LED 광원용 패키지에 높은 열 전도성과 경량성을 가진 실장기판용으로 알루미늄 기판이 적합하다[6-7].

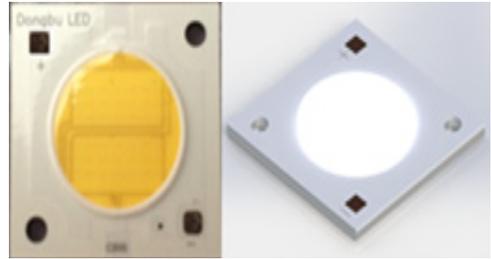
따라서 본 논문에서는 주거용 13.5W급 COB LED 패키지에 적합한 방열판을 설계하고자 COB LED 패키지 이미지와 형상이 각기 다른 4가지 알루미늄 방열판을 3D 형상 설계 프로그램인 Solidworks를 사용하여 설계하고, 설계된 두 소자를, 13.5W급 COB LED 패키지 이미지와 방열판, 결합 하여 열 유동 시뮬레이션인 Flow Simulation을 통해 온도를 측정하였다. 그중 가장 특성이 좋은 방열판을 선정하여 실물 제작을 하고, 13.5W급 COB LED 실물과 결합하여 1 m³의 공간 속에서, Omega社의 접촉식 온도계 (Thermo Couple)를 사용한 접촉식 열 특성과 Fluke社의 열화상 카메라를 사용하여 비접촉식 열 특성을 분석하고 두 경우를 비교 평가하였다.

II. COB LED 및 방열판 성능 분석

2.1. 13.5W COB LED의 3D 형상 설계

그림 1(a)은 실물 13.5W급 COB LED 패키지이다. COB 패키지는 동부 LED社의 36~38V, 360mA를 사

용하는 13.5W급 COB LED 패키지로써 다수의 LED 칩이 직 병렬로 배열되어 있는 구조이다. 이 COB는 가로 2mm, 세로 2mm, 높이 1.4mm에 다량의 칩이 집적되어 있어 열을 해소 할 수 있는 2차 방열판이 필요하다. 2차 방열판 제작에 앞서 열 유동 시뮬레이션을 통해 대류 현상과 온도를 측정하기위해 그림 2-1 (b)와 같은, 제품과 동일 크기의, 3D형상을 설계하였다.



(a) 13.5W COB LED 제품 (b) 3D 형상

그림 1. 13.5W COB LED 제품(a)과 3D 형상(b)
Fig. 1 (a) 13.5W COB LED product and (b) 3D design

2.2. 방열판 형상 설계에 따른 해석

방열판 형상 설계에 앞서 Flow 시뮬레이션으로 대류 열과 온도를 측정하고 실제 실험과 동일한 조건을 위해 표 1과 같이 설계사양을 설정하였다.

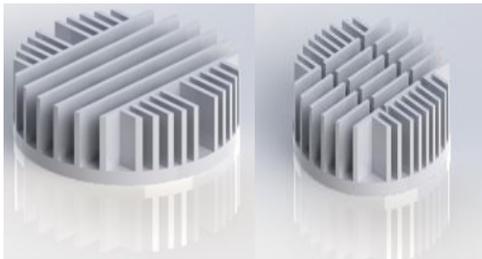
표 1. 방열판 대류 열 시뮬레이션 설계사양
Table 1. Design specifications of heat sink convective simulation

Parameter	Value
Heat sink shape	Four types
Virtual space	1mm ³
Internal pressure	1atm
Internal temperature	25℃
Mesh	More than 1,000,000

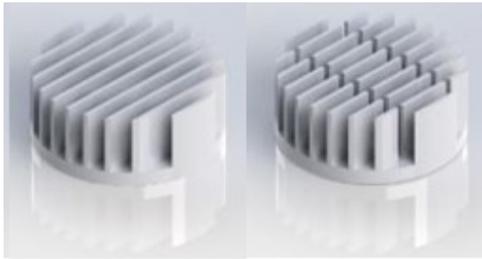
13.5W급의 방열판을 설계하기 위해 Chip 크기에 비례한 지름 70mm 알루미늄 방열판을 설계하였다. 최적의 설계를 위해 그림 2와 같이 방열판 크기에 비례한 Fin 두께 2mm로 동일한 조건을 부여하였으며, 베이스 높이 7mm, Fin 길이 28mm 총 높이 35mm의 형상이 각각 다른 4가지 방열판을 그림 2처럼 설계하였다.

그림 2(a)와 그림 2(b)는 Fin의 양 끝단에 10개의

Fin을 수직으로 세워서 COB LED와 방열판 사이의 접합부 열이 Fin 방향으로 퍼지도록 설계하였으며, 그림 2(b)는 수직으로 교차하는 Fin 부분을 절단하여 공기의 흐름이 그 절단부분을 통과하여 잘 흐를 수 있도록 하였다. 그림 2(c)와 그림 2(d)는 열 응집현상을 최소화하기 위해 방열판을 좌에서 우로 가로지르는 10개의 Fin을 설계하였으며, 그림 2(d)는 그림 2(b)처럼 핀을 상하로 한번 더 절단하여 절단 통로를 통해 공기의 흐름이 원활하도록 설계하였다.



(a) A type heat sink (b) B type heat sink

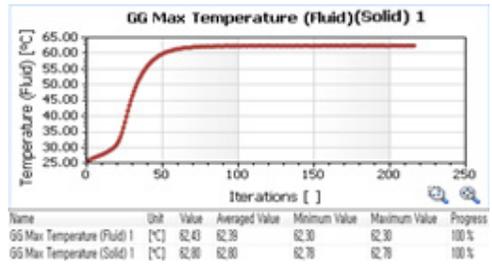


(c) C type heat sink (d) D type heat sink

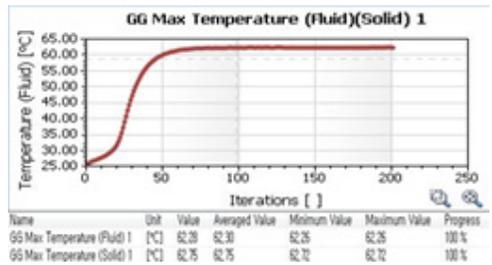
그림 2. 형상이 다른 여러 가지 방열판들
Fig. 2 The heat sink of different shapes

그림 3은 그림 1의 (b), 13.5W급 COB LED 형상을 그림 2의 4가지 방열판 (a)(b)(c)(d)와 결합시켜 Flow Simulation을 할 때 COB에 미치는 대류 열과 온도변화를 나타낸다. 각 시뮬레이션은 약 200번 가량 구동되었으며, 그림 3(a) 방열판의 경우, 설계 시 고려했던 상황과는 다르게 Fin 양 끝단으로 온도가 빠져나가지 못하고 중앙으로 열 응집현상이 발생했고, 평균 최고온도는 62.39°C이었다. 그림 3(b)의 경우 평균 최고온도 62.30°C로써 핀을 절단한 효과가 없었다. 그림 3(c)의 경우 방열판의 중앙에서 양 끝단의 Fin까지 열이 잘 확산되어 평균 최고온도는 59.18°C로 방열판

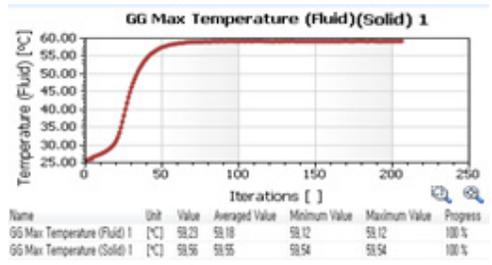
(a)와 (b)보다 3.2°C 낮은 특성을 보였다.



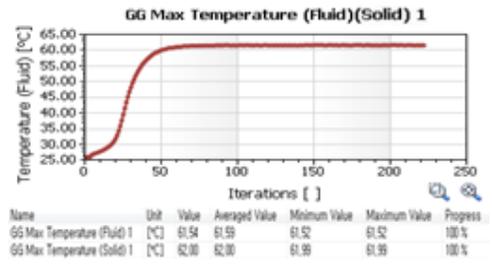
(a) A type heat sink



(b) B type heat sink



(c) C type heat sink



(d) D type heat sink

그림 3. 형상에 따른 열 유동변화
Fig. 3 Heat flow by different shape

그림 3(d)의 경우 설계 시에 절단면을 통하여 공기가 유통되어 빠른 열 확산을 기대했으나, 열 확산에

필요한 알루미늄 면적이 줄어들어 오히려 평균 최고 온도 61.59℃를 나타내었다. 실험결과 13.5W급 COB LED의 최적의 방열판은 알루미늄 베이스 기판 지름 70mm인 경우 높이 7mm, 방열판 형상은 그림 2(c)가 최적이었다.

III. 실험 및 결과

3.1 접촉식 온도계를 사용한 성능 분석

Simulation을 통하여 얻은 결과를 토대로 가장 방열 효과가 좋은 그림 2(c)형상으로 알루미늄 재질의 지름 70mm의 방열판을 제작하였다. 동부 LED 사의 13.5W급 COB LED와 더 빠른 열 발산을 위하여 방열패드(Thermal pad)를 제작된 그 방열판에 놓고 3 가지 소자를 패키징 하였다. 방열 효과를 실험하기 위하여 그림 4와 같이 1m³ 크기의 공간을 제작하여 내부 온도 25℃로 유지하고 그 속에 패키징된 샘플을 설치하였다. Keithley 2430 장비를 사용하여 37V, 360mA의 약 13.5W로 전압을 인가하여 샘플에서 발생하는 열적 특성을 분석하였다.



그림 4. 접촉식 온도계를 사용한 방열판의 열 측정.
Fig. 4 Heat measurement for heat sink using thermocouple.

그림 5는 접촉식 온도계를 사용할 방열판의 체크 포인트이다. COB LED와 방열판에서 발생하는 열을 측정할 수 있도록 COB LED와 방열판 사이에 체크 포인트 1, 방열판 중앙부 핀에 체크 포인트 2, 방열판의 양 끝단에 각각 체크 포인트 3과 4에 열전대를 부착하여 1시간 동안 10초에 한 번씩 접촉식 온도계 프로그램인 Se309를 사용하여 데이터를 수집하였다.

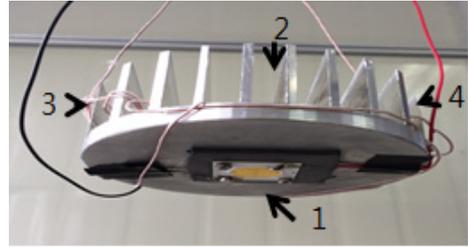


그림 5. 접촉식 온도계 체크 포인트 위치
Fig. 5 Checkpoints for thermocouples on radiator

그림 6은 접촉식 온도계로 측정된 결과 값을 나타내고 있다. COB와 방열판 접합면 (1)의 온도는 평균 57.3℃이고, 방열판 중앙 (2)의 온도는 54.5℃로 약 2.8℃ 온도가 차감되었다. 또한 방열판 양 끝단인 (3),(4)의 평균온도는 40℃로써 중심온도 54.5℃ 보다 14.5℃ 낮아서 중심부의 열이 방열판의 Fin을 통하여 잘 발산되는 것을 알 수 있었다.

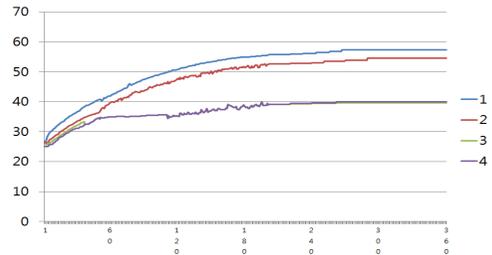


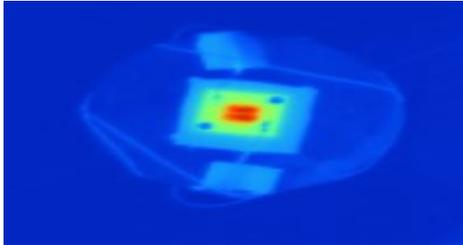
그림 6. 접촉식 온도계를 이용한 측정 결과 (°C)
Fig. 6 The results of 4 check points using thermocouples (°C)

3.2 비접촉식 온도계를 사용한 성능 분석

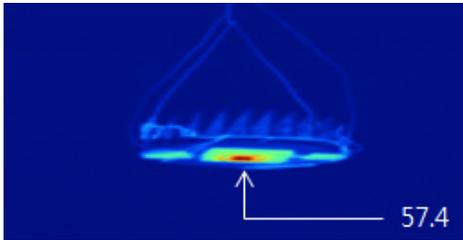
Fluke社의 비접촉식 온도계인 열화상 카메라를 사용하여 발생하는 열적 특성을 분석하였다. 실험을 위해 1시간 동안 샘플에 약 13.5W 전압을 인가하였다. 그림 7은 열화상 카메라를 사용하여 13.5W급 COB LED와 방열판 접합 부분과 주변의 열 응집현상과 온도 특성을 측정된 결과이다.

그림 7(a)는 13.5W급 COB LED와 방열판의 하단부분의 열적 특성을 나타내고 있으며, 그림 7(b)는 열 응집현상이 생기는 중앙부분의 온도가 약 57.4℃이며, 그림 7(c)는 샘플의 방열판 중심과 주변온도를 보여준다. 그림 7(d)의 그래프는 그림 7(c)의 방열판에 임의의 선을 그어 방열판을 좌에서 우로 스캔 한 온도 분

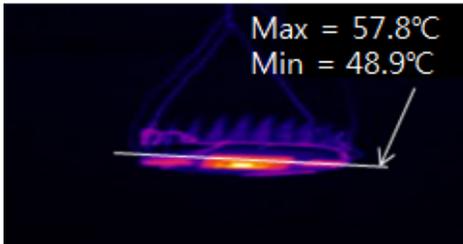
포를 나타낸다. 중심부의 온도가 최고치로 약 58°C 이고 중심부에서 방열판의 외곽, 끝부분으로 갈수록 온도가 떨어져서 열전도가 잘 되고 있음을 보여준다.



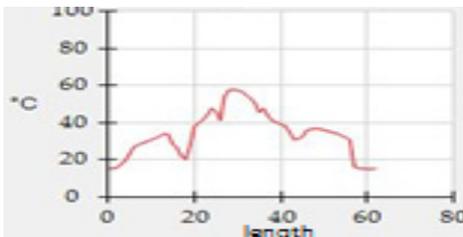
(a) 13.5W COB LED and lower part of heat sink



(b) 13.5W COB LED and core temperature characteristics of heat sink.



(c) 13.5W COB LED and thermal agglomeration analysis of the heat sink.



(d) The graph of thermal characterization.

그림 7. 열화상 카메라를 통한 온도 분포 특성 분석.
Fig. 7 Characterization of heat distribution with distance through thermal imaging camera

IV. 결 론

본 논문은 13.5W급 COB LED 다운라이트 방열판 형상설계에 따른 열 특성을 분석하기 위해 Solid-works 프로그램을 사용하여 13.5W COB LED와 4가지 형상이 다른 방열판을 설계하였으며, Flow Simulation을 통해서 최적의 방열판의 온도 특성을 평가하였다. 실제 실험은 13.5W급 COB LED와 방열판을 체결하여 접촉식 온도계와 비접촉식 온도계를 통한 열 응집현상 확인 및 온도 평가를 하였다.

4가지 형상이 다른 방열판 실험결과 Fin 10개의 절단이 없는 그림 2(c) 방열판에서 평균 온도 59.18°C의 결과 값이 나왔으며 다른 방열판에 비해 양끝 Fin까지 응집된 열을 해소시킴을 확인 할 수 있다. 또한, 대류 열 분포도 및 대류 열 시뮬레이션을 통해 열 확산이 잘 이루어지고 있음을 확인하였다.

실제 실험 시 Kethley 2430을 사용해 접촉식 온도계로 측정된 결과 13.5W급 COB LED와 방열판 사이의 최고온도는 평균 57.3°C, 방열판 중앙 핀 사이 부분 최고온도 54.5°C, 방열판 양 끝 핀 부분 최고온도 40°C로 측정되었으며, 비접촉식 온도계를 사용하여 측정된 결과 열 응집현상이 나타나는 13.5W급 COB LED와 방열판 부분 최고온도는 57.8°C로써 시뮬레이션 실험 결과 값과 약 1.5°C가량의 차이를 보여 해석 결과의 타당성을 입증하였다. 따라서 본 논문에서 설계된 방열판은 13.5W급 COB LED 다운라이트에 적합하다고 사료된다.

감사의 글

본 논문은 2013년도 원광대학교의 교비지원에 의해 수행됨.

References

- [1] Y. Cho and S. Ma, "Heat dissipation of high-power multichip LED lighting," in *KSMTE Autumn Conference*, Nov. 2011, pp. 120.
- [2] H.-Y. Shin, "Characteristics of LED Signal Lamp Driving by SMPS for Large-scale Traffic

Signal," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 6, no. 5, 2011, pp. 643-648.

- [3] B. Jeong and H. Jeong, "LED Lighting Technology Status and Prospects," *The Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, vol. 20, no. 1, 2006. pp. 31-37.
- [4] 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, Mar. 1994, pp. 1687-1689.
- [5] J.-K. Song, J.-S. Park, and B.-W. Yoon, "Design and Implementation of Transformerless 40W LED Light Driver Circuit for Ships," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 7, no. 3, 2012, pp. 485-490.
- [6] S. Yu, K. Lee, and S. Yook, "Natural Convection around Radial Heat Sink," *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 53, no. 13-14, June 2009, pp. 2935-2938.
- [7] S.-M. Kim, "A MAC Protocol for LED visible light communications with beamforming," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 6, no. 3, 2012, pp. 425-432.

저자 소개



권재현(Jae-Hyun Kwon)

2012년 원광대학교 정보통신공학과 졸업(공학사)
 2014년 원광대학교 대학원 정보통신공학과 석사과정(공학석사)

※ 관심분야 : COB LED 방열설계 및 성능평가



김효준(Hyo-Jun Kim)

2013년 원광대학교 정보통신공학과 졸업(공학사)
 2013년 원광대학교 대학원 정보통신공학과 석사과정(공학석사)

※ 관심분야 : LED 디밍제어, 방열설계



박건준(Keon-Jun Park)

2003년 원광대학교 전기전자공학부 졸업(공학사)

2005년 원광대학교 대학원 제어계측공학과 졸업(공학석사)

2010년 수원대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박사)

2010년~2012년 원광대학교 공과대학 POST-BK21 Post-Doc

2012년~현재 원광대학교 리서치펠로우 연구교수

※ 관심분야 : 컴퓨터 및 인공지능, 유전자 알고리즘 및 최적화이론, 지능시스템 및 제어



김용갑(Yong-Kab Kim)

1988년 아주대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1993년 앨라바마 주립대학교 (공학석사)

2000년 노스캐롤라이나 주립대학교 (공학박사)

2003년~현재 원광대학교 정보통신공학과 교수

2006년~2012년 공과대학 POST-BK21 사업단장

2012년~현재 LED 인력양성사업단장(전북)

2012년~현재 원광대학교 ITBT창업보육센터장

※ 관심분야 : 가시광통신시스템, 전력선통신



황근창(Geun-Chang Hoang)

1981년 고려대학교 물리학과 졸업(이학사)

1985년 Write State Univ, OH 주립대학교 대학원 물리학과 졸업(이학석사)

1989년 Texas Christian Univ, Fort Worth, TX

TCU 대학원 물리학과 졸업 (이학박사)

1989년~1990년 TCU, 물리학과 Post-Doc

1992년 원광대학교 물리학과 교수

1995년~현재 한국 정신과학 학회 상임이사

2005년~현재 원광대학교 반도체 디스플레이학과 교수

2012년 9월~원광대학교 자연대학 학장

※ 관심분야 : Sol-Gel Processing, Raman Spectroscopy, 응용물리학, 정신과학