

열전소자를 이용한 COB LED의 열적 특성 분석에 관한 연구

김효준* · 김태형** · 김용갑* · 황근창***

A Study on the Thermal Characteristics of COB LED using Thermoelectric Element

Hyo-Jun Kim* · Tae-Hyung Kim** · Yong-Kab Kim* · Geun-Chang Hoang***

요 약

본 논문에서는 13.2W급 COB LED의 공랭식 방열을 위해 열전소자를 이용하여 열적 특성을 분석하였다. 기존 방식과의 방열 성능을 비교 분석하기 위하여 Heat Sink를 설계 및 제작 하였고 실험은 100분간 COB LED를 구동시켜 접촉식 온도계를 통하여 온도 분포를 측정하였다. 접합부의 온도 측정 결과 열전소자를 사용하지 않는 방식에서는 약 75°C로 나타났고, 열전소자에 0.8A의 전류를 인가하여 구동하였을 때 57°C로 열 응집현상이 가장 심한 COB LED 접합부분의 열은 기존의 방식보다 약 31% 감소됨을 확인하였다.

ABSTRACT

This paper was designed to analyze thermal properties using thermoelectric element for air-cooling heat dissipation of 13.2W-class COB LED. For comparative analysis with generally used air cooling methods, the heat sink was designed and produced, and this experiment was conducted to measure the temperature distribution using a contact thermometer while the COB LED was operating for 100 minutes. One result was about 75°C for the general cooling method, and the other was 57°C while the thermoelectric element was operating with applying the current of 0.8A to the thermoelectric element. This results confirmed that the method of applying thermoelectric element was much better in the dissipation of thermal condense on the COB LED than that of the general air cooling one. The temperature on the contact points of COB LED using thermoelectric element was decreased about 31% compared with the air cooling method from 75°C to 57°C.

키워드

COB LED, Heat Sink, Thermoelectric Element, Radiant Heat
표면 실장형 발광다이오드, 방열판, 열전소자, 방열

1. 서 론

LED(Light-Emitting-Diode)는 각종 전자기기의 표시램프에서부터 경관조명, 자동차, 조명산업, 의료 및

농어업 등으로 응용분야가 확대되고 있다[1]. 또한 수은을 사용하지 않는 친환경적인 특성 때문에 차세대 조명 광원으로 급부상하고 있다. 그 중에서도 COB(Chip-on-Board) LED는 한 개의 Module에 여러 개

* 원광대학교 정보통신공학과(hyojun87k@wonkwang.ac.kr, ykim@wku.ac.kr)

** 전북대학교 IT 응용시스템공학과(thkim1324@jbnu.ac.kr)

*** 교신저자(corresponding author) : 원광인체과학연구소(gchoang@wku.ac.kr)

접수일자 : 2014. 11. 03

심사(수정)일자 : 2014. 11. 21

게재확정일자 : 2014. 12. 15

의 LED Chip을 패키지 한 것으로 여러 개의 부품을 하나의 기판 위에 일체화함으로써 발광부가 집약적으로 설계되어 고효율의 조명을 소형으로 제작이 가능한 LED Module기술이다[2]. 칩에서 발생한 열이 유출되는 경로를 줄임으로써 전체적인 방열효과를 증대시키는데 유리한 장점이 있으며, 부피와 무게를 크게 절감하고 열 저항을 감소시킬 수 있다. 하지만 다량의 고효율 칩을 좁은 면적에 집적화하기 때문에 고온에 의한 열 응집현상이 나타난다. LED는 광 반도체 소자로서 입력 전력중 약 70~80% 이상이 열에너지로 전환되고 있고 고온의 열에 의한 칩의 온도 상승은 스펙트럼선의 파장이 본래보다 장파장 쪽으로 이동하는 레드 시프트(Red shift) 현상, 열응력 발생에 의한 Bond wire파손, LED내부온도 상승에 따라 광 출력이 감소되는 문제점이 있다. 이를 해소하기 위해 방열 구조물(Heat-Sink)를 통한 공랭식 방열 방식이 사용되고 있다. 하지만 직접 공기와 접촉하여 냉각이 이루어지는 방식이기 때문에 COB LED의 접합부분에서 발생하는 고온의 열 응집현상을 해소하기엔 한계점이 있다[3-4]. 열 응집현상을 해소하기 위해 열전소자를 사용하였다. 열전소자(Thermoelectric element)는 열은 전기로, 또는 전기를 열로 직접 변환시킬 수 있는 소자이다. 미소 부분에 국소적인 냉각이 가능하고 소음이 없으며 인가 전류 제어를 통한 온도 조절이 가능하기 때문에 다양한 방면에서 응용되고 있는 소자이다. 펠티에 효과를 바탕으로 제작된 열전소자는 p형과 n형 반도체 중간에 금속 층을 두어 양단에 전압을 인가하면 p형 반도체로부터 n형 반도체로 전공이 이동할 때, 전자는 저온 측에서 열 에너지를 흡수하여 고준위 에너지 상태가 되고 이러한 전자가 p형 반도체로 이동할 때 고온 측으로 열에너지를 발생한다. 펠티에소자는 전체적으로 상부 측의 열을 하부 측으로 이동하여 방열하게 하는 p형과 n형의 열적 병렬 구조로 이루어져 있다. 본 논문에서는 열전소자의 기본 구조 및 구동원리를 설명하고, 열전소자의 인가 전류에 따른 모듈의 온도 분포를 측정 분석하였다. 또한 기존의 방열방식인 Heat Sink를 통한 방식과의 비교 분석을 통하여 성능을 분석하였다[5-6].

II. 열전소자의 구조 및 원리

2.1. 열전소자 구조

열전소자는 제벡 효과(Seebeck Effect), 톰슨효과(Thomson Effect) 및 펠티에 효과(Peltier Effect)로 구분 되어 있는데 그 중에서도 펠티에 효과를 이용한 열전소자의 구조는 그림 1과 같이 표현 된다. p형 반도체와 n형 반도체를 그림 1과 같이 금속 전극에 접합시킨 직렬회로 양극을 각각 -,+로 되도록 전류를 n형에서 p형으로 흘리면, p형 반도체내의 정공은 -극으로, n형 반도체내의 전자는 +극으로 흐르게 된다. 이때 정공과 전자가 모두 상부의 p-n접합부로부터 열을 갖고 하부의 전극으로 이동하기 때문에 상부의 접합부는 냉각되어 주위로부터 열을 흡수하고, 하부에서는 열을 방출하게 된다. 또한 전류의 방향을 역으로 하면 정공과 전자 모두 상부의 n-p 접합부 전극으로 열이 이동하기 때문에 상부에서는 발열이 하부에서는 흡열현상이 나타난다. 고온 측의 열을 저온 측으로 효과적으로 처리하면 열은 저온 측에서 연속적으로 Heat Pumping이 이루어지게 된다[7].

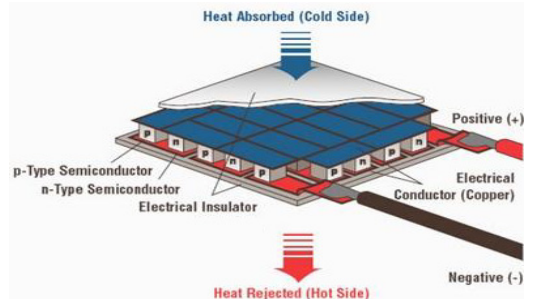


그림 1. 열전소자의 구조

Fig. 1 Structure of the thermoelectric element

열전소자의 특성지표(figure of merit)는 ZT 값을 사용한다. 온도 차이가 있는 경우, 저온부의 온도가 T_L 이고 고온부의 온도가 T_H 이며, 열전효과를 위하여 사용되는 물질의 열전도도가 k , 전기전도도가 σ 일 때, ZT 는

$$ZT = \frac{\alpha^2 \sigma T}{k} \quad (1)$$

로 표현된다. 여기서 T 는 고온부와 저온부의 평균온도, $T = (T_H + T_L) / 2$ 이다. 식 (1)에서 ZT 는 Seebeck coefficient의 제곱에 비례하는 값이므로, 높은 열전효과를 위해서는 ZT 의 값이 클수록 좋다는 것을 알 수 있다[8].

III. 실험방법 및 결과

본 실험은 두 가지 방법으로 실시하였다. 첫 번째 방법은 기존의 공랭식 방열방식인 Heat Sink만을 이용한 실험으로 사용될 Heat Sink는 그림 2와 같이 Solid works 프로그램을 통하여 설계하고 제작하였다.

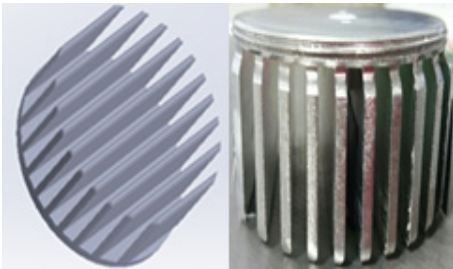


그림 2. 설계된 Heat sink와 제작된 Heat sink
Fig. 2 Designed heat sink

Heat Sink는 기존 선행연구를 바탕으로 알루미늄 재질에 Fin 25mm, 베이스 3mm, 총 높이 28mm로 제작하였다. 설계한 Heat sink의 방열 성능을 측정하기 위하여 13.2W급 COB LED와 접촉식 온도계(HH309A Omega社), 키슬리2430을 통해 열적, 전기적 특성을 분석하였다. 열의 분포는 그림 3과 같이 4개의 접점을 임의로 지정하였다.

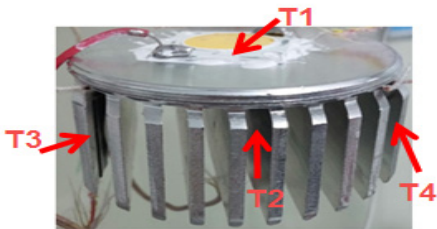


그림 3. 측정 포인트
Fig. 3 Measurement point

T1은 Heat sink와 COB LED의 접합부분이며 T2는 Heat sink의 하부 중앙 부분, T3와 T4는 양쪽 끝부분이며 접촉식 온도계를 통하여 측정하였다. 또한 열전도도를 증가시키기 위해 접합부에는 방열실리콘을 사용하여 측정하였다. 실험은 COB LED에 9V의 전압을 인가하여 총 100분간 구동하여 데이터를 수집하고, 수집된 데이터를 정리하여 다음 그림 4와 같이 나타내었다.

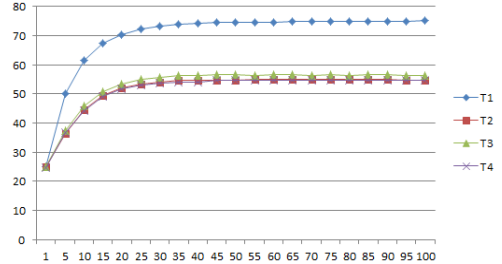


그림 4. Heat sink의 온도 변화
Fig. 4 Temperature change of the heat sink

온도는 COB LED의 구동이 시작되고 약 30분 동안 급격히 증가하다가 30분 이후에는 서서히 안정화 상태에 다다른다. 변화가 가장 큰 접점은 COB LED와 Heat sink의 접합부분인 T1이며 초기 30분 동안 급격히 온도가 상승하여 최고온도 75.2°C 까지 증가하였다. 다른 접점인 T2, T3, T4는 평균적으로 56°C 이었으며, Heat sink를 통한 열 확산이 준수하다는 것을 확인하였다.

두 번째 방법은, 열전소자를 기존 제작된 모듈 사이에 삽입하여 실험을 진행하였다.

표 1. 열전소자 사양

Table 1. Specification of thermoelectric module

Parameter	value
size	40mm*40mm
I max	7A
V max	15.2V
Qcmax	64.7 W
ΔT_{max}	65°C

표 1은 열전소자의 사양을 표기하였다. 열전소자의 크기는 40mm*40mm이고 최대 인가 전류는 7A, 최대 인가전압은 15.2V, 최대소비전력량은 64.7W, 양면의 최

대 온도차는 65℃인 구리박판 열전소자를 사용하였다. 열전소자의 구동전류별 접합부의 온도 값을 측정하기 위해 0A, 0.2A, 0.4A, 0.6A, 0.8A로 바꾸어 총 5번의 실험을 통하여 데이터를 측정 하였다. 그림 5는 접촉식 온도계의 측정 접점을 나타내었다.

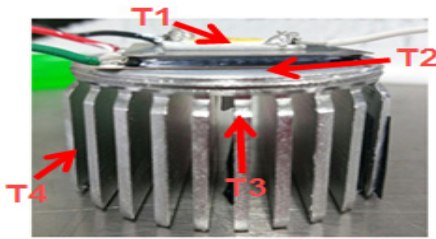
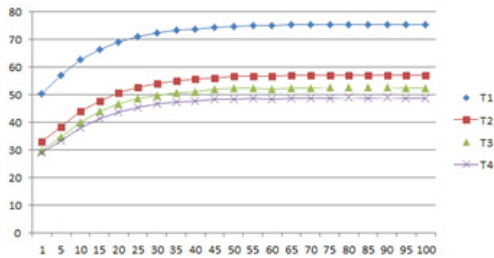


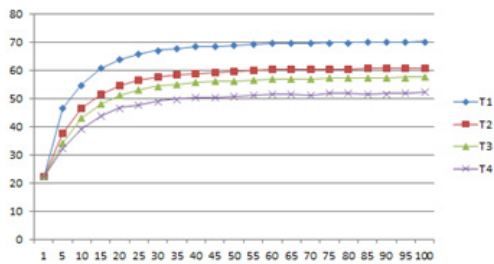
그림 5. 열전소자 모듈의 측정 포인트

Fig. 5 Measurement point in the thermoelectric element module

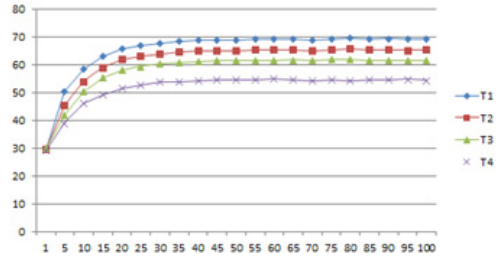
그림.5에서 T1은 COB LED와 열전소자의 흡열 부분의 접점, T2는 열전소자의 발열 부분과 Heat sink와의 접점이며, T3는 Heat sink 하부 중앙 안쪽부분, T4는 가장 끝부분을 접촉식 온도계를 통하여 측정을 실시하였다.



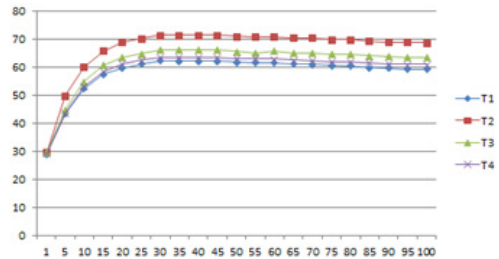
(a) 0A



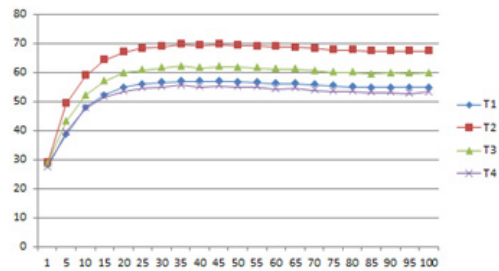
(b) 0.2A



(c) 0.4A



(d) 0.6A



(e) 0.8A

그림 6. 입력전류에 따른 온도변화
Fig. 6 Temperature changes in the input current

열전소자를 포함한 실험에 대한 그래프를 그림 6에 나타내었다. 100분 동안 COB LED의 전원을 인가하고 온도분포를 측정된 결과 그래프에서 알 수 있듯이 초기 30분 이내에 T1, T2, T3, T4의 접점의 온도가 전체적으로 상승하다가 30분이 지나면 안정화 되는 것을 알 수 있었다. 열전소자를 구동하지 않는 그림 6(a)의 경우는 T1의 온도가 급격히 상승하여 최대 온도 75.5℃가 되어 다른 접점보다 약15℃ 이상 온도가 상승하는 것을 확인하였다. 이는 열전소자가 열 저항 역할을 함으로써 COB LED에서 발생하는 열이 방열 판으로 원활하게 전달되지 않고 있음을 알 수 있다. 그림6(b)와 그림6(c)는 T1의 접점의 온도가 약 69~7

0℃ 로 열전소자를 구동시키지 않았을 때보다 5도 가량 감소하였지만 T2, T3, T4 접점의 온도가 오히려 상승하였다. 열전소자는 구동되었지만 열을 흡수하는 흡열부의 냉각 성능이 크게 나아지지 않고 오히려 발열부에서는 열을 배출하기 때문에 전체적인 온도가 상승하였다. 그림6 (d)와 그림6 (e)는 COB LED와 열전소자의 접점인 T1보다 열전소자와 Heat sink의 접점의 온도가 상승하여 T1과 T2가 역전되었다. COB LED에서 발생하는 열 응집현상이 해소되며 열전소자의 발열부의 온도가 상승하였다. 5번의 구동전류별 COB LED 패키지의 온도는 전체적으로 55~65℃로 나타났지만 그림6 (d)와 그림6 (e)에서 COB LED의 열 응집현상을 해소했음을 확인 할 수 있었다. T1접점의 온도가 열전소자에 0.8A를 인가하였을 때 57℃로 기존의 열전소자를 사용하지 않는 방식에서 측정된 75℃보다 약 18℃ 감소한 온도를 나타내 일반 공랭식보다 31%의 온도 감소 효과가 있음을 알 수 있다.

IV. 결론

COB LED는 발광부가 집약적으로 설계되어 고출력의 조명을 소형으로 제작이 가능하다. 다량의 고출력 칩을 좁은 면적에 집적화하기 때문에 고온에 의한 열 응집현상이 나타나고 이를 해소시키기 위해 Heat sink를 사용한 공랭식 방열이 주로 사용되고 있다. 하지만 공랭식 방열 기술은 직접 공기와 접촉하여 이루어지는 냉각 방식이기 때문에 접합부분의 고온의 열을 해소시키기에는 한계점이 존재한다. 따라서 본 연구에서는 접합부에서 발생하는 고온의 열 응집현상 해소를 위해 열전소자를 이용한 방열 방법을 제안하였다. COB LED와 Heat sink 사이에 열전소자를 삽입하고 열전소자 구동시 발생하는 흡열과 발열 효과를 활용하여 접합부분의 온도를 감소시키는 방법으로 기존의 공랭식 방열 방법보다 열전소자에 0.8A의 전류를 인가하여 구동시켰을 때 COB LED의 접합부분의 경우 접촉온도가 57℃로 일반 Heat Sink를 사용하는 방법에서 측정된 75℃보다 31% 감소하였기 때문에 향후 고출력의 조명에 유용한 방열기술로 유용하게 활용 될 수 있음을 확인하였다.

감사의 글

이 논문은 2013학년도 원광대학교의 교비지원에 의해 수행됨.

참고 문헌

- [1] Y.-T. Cho, "Heat Radiation of Multichip 10W LED Light Using Thermoelectric Module(TEM)," *J. of the Korea Society of Manufacturing Technology*, vol. 21, no. 1, 2012, pp. 46-50.
- [2] J.-H. Yoo, H.-J. Lee, N.-J. Kim, and S.-H. Kim, "A Design of Thin Film Thermoelectric Cooler for Chip-on-Board(COB) Assembly," *The Trans. of the Korean Institute of Electrical Engineers*, vol. 51, no. 9, 2010, pp. 1616-1620.
- [3] J.-H. Kwon, H.-J. Kim, K.-J. Park, Y.-K. Kim, and G.-C. Hoang, "Thermal Characteristics of Designed Heat Sink for 13.5W COB LED Down Light," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 9, no. 5, 2014, pp. 561-566.
- [4] T.-S. Jang, J.-H. Kwon, Y.-K. Kim, and C.-B. Park, "A LED Light Communication Transceiver Module for Ubiquitous Sensor Networks," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 7, no. 6, 2012, pp. 1513-1518.
- [5] J.-M. Han and D.-S. Seo, "Electro-optical Characteristics of LED Flat Light Source in Low Temperature Condition," *The J. of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, vol. 11, no. 1, 2011, pp. 61-66.
- [6] M.-G. Jang, M.-S. Jun, T.-M. Roh, and J.-D. Kim, "Thermoelectric Power Generation with High Efficiency," *Electronics and Telecommunications Trends*, vol. 23, no. 6, 2008, pp. 12-21.
- [7] S.-H. Han, Y.-J. Kim, J.-H. Kim, D.-J. Kim, J.-Y. Jung, S.-I. Kim, and G.-S. Cho, "Control of Heat Temperature in Light Emitting Diodes

with Thermoelectric Device," *J. of the Korean vacuum Society*, vol. 20, no. 4, 2011, pp. 280-287.

[8] Y.-S. Ko, W.-C. Lee, and I.-S. Kim, "A Consideration on the Application of Thermoelectric Cooler to Obesity Therapy," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 7, no. 6, 2012, pp. 1437-1442.

저자 소개



김호준(Jun-Hyo Kim)

2013년 원광대학교 전기공학과 졸업 (공학사)

2013년 원광대학교 대학원 정보통신공학과 석사과정(공학석사)

※ 관심분야 : LED조명제어, 방열설계



김태형(Tae-Hyung Kim)

1991년 원광대학교 전자공학과(공학석사)

2002년 원광대학교 전자공학과(공학박사)

1995년~현재 전북대학교 IT 응용시스템공학과 교수

※ 관심분야 : 디지털 이미지 프로세싱



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)

1989~1990년 TCU, 물리학과 Post-Doc

1992년 원광대학교 물리학과 교수

1995년~현재 한국 정신과학 학회 상임이사

2012년 9월~원광대학교 자연대학 학장

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