

<http://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2015.15.2.189>

IIBC 2015-2-26

열전소자 구조에 따른 COB LED의 방열 성능 비교 분석

A Comparative Analysis of Thermal Properties of COB LED based on Thermoelectric Device Structure

김효준*, 강은영*, 임성빈*, 황근창*, 김용갑**

Hyo-Jun Kim*, Eun-Yeong Kang*, Seong-Bin Im*, Geun-Chang Hoang*,
Yong-Kab Kim**

요약 본 논문에서는 열전소자의 구조에 따른 COB LED의 방열성능을 비교 분석하였다. COB LED의 발열부분과 접합하는 열전소자는 구리박판 구조와 세라믹 구조의 열전소자를 사용하였다. COB LED와 열전소자의 접합부분은 접촉식 온도계를 통해 온도 분포를 측정하였고, 각각의 열전소자는 0.1A, 0.3A, 0.5A, 0.7A의 전류를 입력시켜서 온도 변화를 측정하였다. COB LED의 열 응집현상이 나타나는 접합부분의 온도는 0.7A를 인가하였을 때 구리박판 구조의 열전소자에서 59℃로 측정되었고, 세라믹 구조의 열전소자는 67℃로 나타났으며, 구리박판 열전소자가 세라믹 구조의 열전소자보다 9℃가 낮게 측정됨으로써 방열성능이 더 우수함을 보였다.

Abstract In this study, the heat radiation performance of COB LED according to the structure of thermoelectric device were compared. Thermoelectric device of the sheet copper structure and ceramic structure were used for bonding with the heating part of the COB LED. The temperature distribution in the bonding part of the thermoelectric device of COB LED was measured with a contact-type thermometer. The temperature variation of the thermoelectric device was measured by inputting the currents of 0.1A, 0.3A, 0.5A, and 0.7A. When 0.7A was applied, the temperature of the bonding part where there was a heat aggregation phenomenon of the COB LED was 59℃ for thermoelectric device of the sheet copper structure and 67℃ for the thermoelectric device of the ceramic structure. Therefore, the sheet copper thermoelectric device whose temperature was lower by 9℃ showed better heat radiation performance than those of the ceramic structure.

Key Words : Heat Sink, Chip-on-Board, LED, Peltier Effect, Thermoelectric Device(TED)

1. 서론

LED(Light-emitting-diode)조명은 저 전력의 조명장치로 에너지 절약과 효율 문제를 해결할 수 있는 기술로

써 이에 따른 연구가 점차 확대되고 있다. LED 조명의 광원은 반도체 소자로 이루어지기 때문에 소자에서 발생하는 열에 의해 큰 영향을 받으며 소자의 수명을 결정하는 가장 큰 문제점으로 나타난다^[1]. 이를 해결하기 위해

*정회원, 원광대학교 정보통신공학과

**정회원, 원광대학교 정보통신공학과(교신저자)

접수일 : 2014년 12월 6일, 수정완료일 : 2015년 1월 6일

게재확정일 : 2015년 4월 10일

Received: 6 December, 2014 / Revised: 1 January, 2015

Accepted: 10 April, 2015

**Corresponding Author: ykim@wku.ac.kr

Department of Information & Communication Engineering,
Wonkwang University, Korea

방열 기술 연구가 국내외로 활발하게 진행되고 있으며, 특히 고효율 LED는 칩의 집적도 증가에 따른 발열문제를 해결하기 위하여 인쇄회로기판(PCB)에 칩을 실장하는 방법 중 COB(Chip-on-Board) 실장은 웨이퍼 상에 잘라낸 칩에 패키지 하지 않고 PCB에 와이어(Wire)나 범프(Bump)를 사용하여 전기적으로 연결함으로써 보다 신뢰성을 높이고 열 방출 효과를 향상시키는 방법이다. 하지만 COB 실장기술에도 마지막 공정 과정에서 칩을 보호하기 위해 언더필(Underfill)을 Bare 칩 위에 덮게 되는 과정 때문에 발열이 용이하지 않는 구조적 단점을 가지고 있다. LED 방열 기술은 크게 4가지 방식이 사용되고 있다. 패키지의 소재, 열저항 및 열전달 효율 향상을 위한 패키지 방열 기술과 방열판을 이용해 공기와 접촉하여 냉각이 이루어지는 공랭식 방열기술이다. 또한 방열구조를 수냉(Water Cooling)식으로 구성하여 LED의 구동에 따라 발생하는 열을 효율적으로 발산시키는 수냉식 방열 기술이 있다. 마지막으로 열전소자(Thermoelectric Device)를 이용하여 국소 부분의 냉각을 할 수 있는 방열 방식이 사용되고 있다. 4가지 방법 중 가장 많이 사용되고 있는 방열판을 이용한 공랭식 방열 방식은 저렴한 비용과 구조물 제작의 유연성을 가지고 있지만 일부 높은 냉각 효율을 필요로 하는 분야에서는 수냉식 방식을 사용하고 있다. 이에 COB LED의 유용한 활용을 위해서 방열판을 이용한 방식에 열전소자를 삽입하여 제어하는 방식의 방열시스템을 구성하였다. 열전소자는 제백(Seebeck) 효과, 펠티에(Peltier)효과 및 톰슨(Thomson) 효과로 구분되어지는데 그 중에서도 펠티에 효과를 바탕으로 제작된 열전소자는 인가전류의 세기에 따라 소자의 양단에서 흡열과 발열 현상이 나타나고 이를 이용하여 원하는 부분에 국소적 냉각이 가능하다. 본 논문에서는 세라믹 구조의 열전소자와 구리박판 구조의 열전소자를 각각 실험을 통해 데이터를 측정하고 비교 분석하여 최적의 방열 성능을 갖는 구조의 열전소자를 선별 하고자 한다.^[2]

II. COB LED의 구조

COB LED는 열 경로를 줄임으로써 열 저항을 크게 줄일 수 있다. 모듈에서의 열 방출은 소재자체의 열전도도에도 영향을 받지만 소재와 소재간의 계면에서도 접촉 저항이 발생하여 큰 영향을 받는다. 이를 해결하기 위하

여 PCB 기판위에 바로 Chip을 실장하고 그 위에 광학부의 렌즈를 성형하는 방식이 Chip-on-Board 방식의 LED 패키지이다. 그림 1은 COB LED의 기본 구조를 나타낸다.

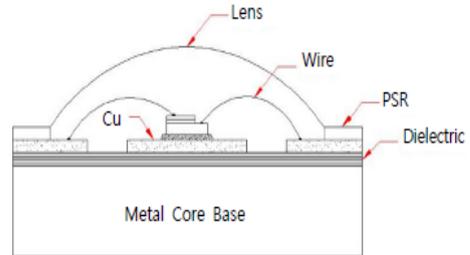


그림 1. COB LED의 구조
Fig. 1. Structure of the COB LED

III. 열전소자

열전현상(Thermoelectric phenomena)은 열에너지와 전기에너지의 상호 가역적이며 직접적인 에너지 변환을 의미한다. 온도차에 의한 소자 내부의 전자(Electron) 또는 정공(Hole)의 이동과 함께 열 전달에 의해 발생하는 현상이며 크게 제백 효과(Seebeck effect)와 펠티에효과(Peltier effect)가 있다^[3]. 이 중에서 열전냉각 기술로 사용하는 펠티에효과는 다른 두 금속선의 양 끝을 접합시키고 전류를 인가하면 전류의 방향에 따라서 흡열과 발열이 반대로 일어난다^[4].

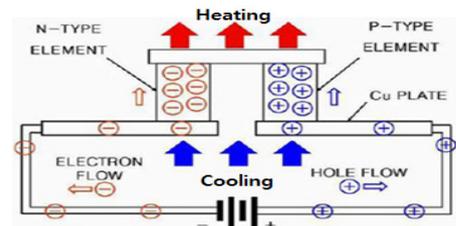


그림 2. 열전소자 구동 원리
Fig. 2. Thermoelectric device Driving principle

열전소자는 p-type과 n-type의 열전반도체로 구성되는데 n-type의 반도체에서의 캐리어(Carrier)는 다량의 전자이며, p-type 반도체에서의 캐리어는 다량의 정공이다. 전기적으로 직접연결을 이루고 있으며 p-type 반도체로부터 n-type의 반도체로 전자가 이동할 때, 전자는 저온 측에서 열에너지를 흡수하여 고준위 에너지 상태가

된다. 이러한 전자가 p-type의 반도체로 이동할 때 고온 측으로 열에너지를 방출하게 된다. 그림 2는 열전소자의 기본적인 동작 구조를 나타낸다.^{[6][6]} 펠티에 효과를 이용한 열전소자는 흡열 또는 발열(Q)이 인가전류(I)에 비례하는 $Q = \pi I$ 관계이다. 비례 상수를 펠티에 계수(π)라고 하며,

$$\pi = \pm (\epsilon_c - \epsilon_F + 2k_B T) / q \quad (1)$$

로 나타낸다. 여기서 q 는 전하량(electron charge), ϵ_c 는 전도대(conduction band), ϵ_F 는 페르미 준위(Fermi level), k_B 는 볼츠만 상수(Boltzmann's constant)이다.^[7]

IV. 실험 및 결과

본 실험은 동일한 구조를 갖는 알루미늄 방열판을 기준으로 두 종류의 열전소자를 번갈아가며 측정을 실시하였다. 실험에 사용된 방열판은 그림 3에서 보는 것과 같이 베이스 3mm, Fin 25mm, 총 높이 28mm인 알루미늄 재질로 제작된 방열판이고, 광원은 13.2W급 COB LED를 사용하였다.

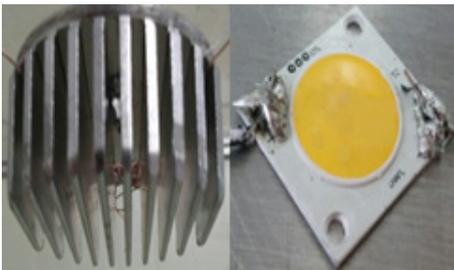


그림 3. 방열판과 13.2W급 COB LED
 Fig. 3. Heat Sink and 13.2W COB LED

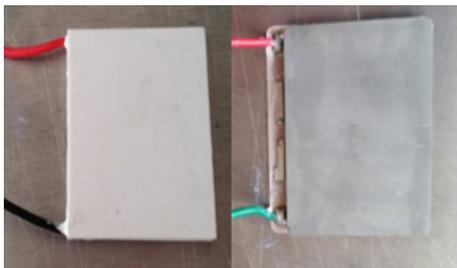


그림 4. (a)세라믹 구조 열전소자 (b)구리박판 구조 열전소자
 Fig. 4. (a)Ceramic Structures TED (b)sheet copper TED

그림 4는 세라믹 구조의 열전소자와 구리박판 구조의 열전소자이다. 각 소자의 사양은 표 1과 표 2에 표기하였다. 세라믹 구조의 열전소자와 구리박판 열전소자의 크기는 각각 40mm*40mm로써 동일한 크기이고, 최대 인가 전류는 6A와 7A로 세라믹 열전소자의 최대 인가전류가 1A 낮음을 보여준다. 또한 최대 인가 전압은 두 구조 모두다 약 15V이며, 최대 소비전력량은 51.4W와 64.7W로 약 13W의 차이를 보인다. 열전소자의 양면의 최대온도차는 세라믹 열전소자가 67°C로 구리박판 열전소자의 65°C보다 약 2°C정도 높음을 확인하였다.

표 1. 세라믹 구조 열전소자 사양

Table 1. Specification of Ceramic Structures TED

Parameter	value
size	40mm*40mm
I max	6A
V max	15V
Qcmax	51.4W
ΔTmax	67°C

표 2. 구리박판 구조 열전소자 사양

Table 2. Specification of Sheet Copper TED

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

열전소자의 구조와 구동전류에 따른 각각의 접합부의 온도를 측정하기 위해 0.1A, 0.3A, 0.5A, 0.7A를 각각 인가하여 접촉식 온도계(HI309A Omega社)를 통해 그림 5에 나오는 4개의 접점의 온도 분포 데이터를 측정 하였다.

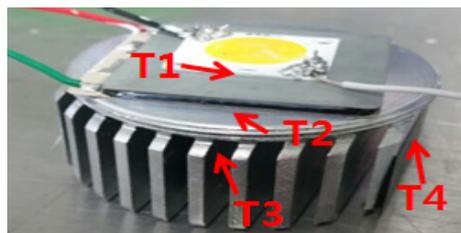
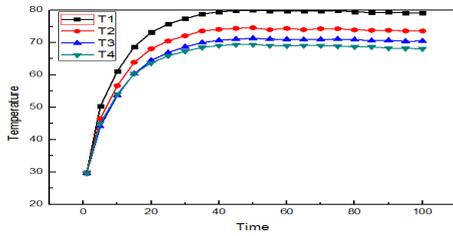
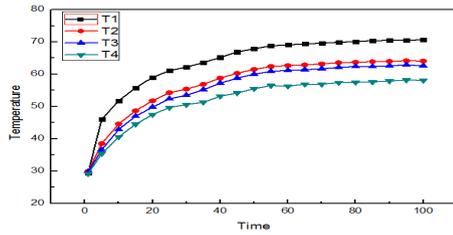


그림 5. 모듈의 측정 포인트
 Fig. 5. Measurement point

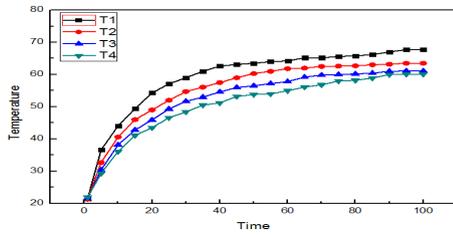
그림 5의 T1은 열전소자와 COB LED의 접합부분의 접점이며 T2는 열전소자와 방열판의 접점이다. T3는 방열판의 하부 중앙 안쪽부분, T4는 방열판의 가장 바깥쪽부분을 접촉식 온도계를 통하여 측정하였다.



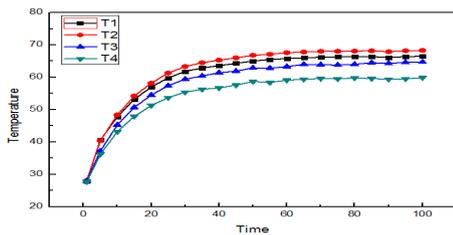
(a) 0.1A



(b) 0.3A

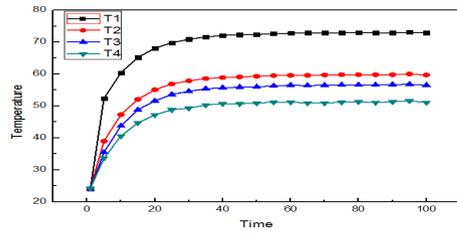


(c) 0.5A

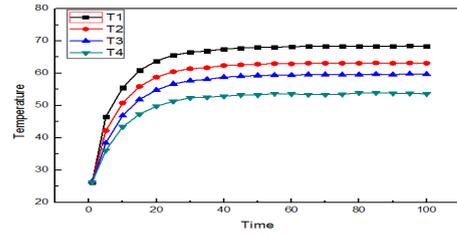


(d) 0.7

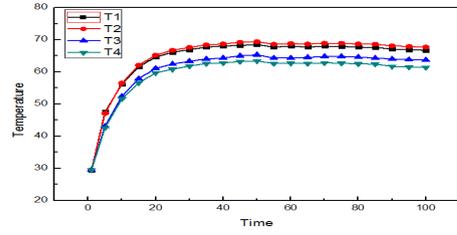
그림 6. 세라믹구조 열전소자의 입력전류에 따른 온도변화
Fig. 6. Temperature changes in the input current of Ceramic TED



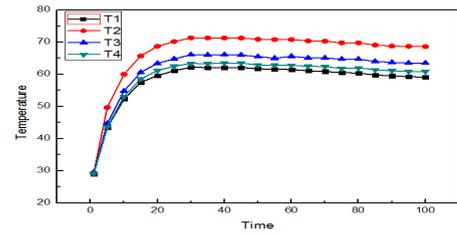
(a) 0.1A



(b) 0.3A



(c) 0.5A



(d) 0.7A

그림 7. 구리박판 열전소자의 입력전류에 따른 온도변화
Fig. 7. Temperature changes in the input current of Sheet Copper TED

그림 6은 세라믹구조 열전소자이며 그림 7은 구리박판 구조 열전소자에 대한 각각의 입력 전류에 따른 온도 분포 그래프이다. 실험은 COB LED를 100분간 구동하여 온도가 안정화 상태에 도달할 때까지 측정을 실시하였다. 그림 6(a)의 세라믹구조 열전소자는 T1접점의 안정화 상태에서 최고 온도가 79°C로 그림 7(a)의 구리박판 열전소자의 온도인 73°C보다 약 6°C 정도 높게 나타났다. T2, T3, T4 접점은 세라믹 구조에서 구리박판 열전소자보다 약 1~16°C 높게 측정되어 열전도가 원활하지 않아 모듈

전체의 온도가 상승함을 보인다. 0.3A의 전류를 인가한 그림 6(b)와 그림 7(b)는 T1, T2, T3, T4접점의 온도 분포가 세라믹구조 열전소자보다 구리박판 열전소자의 온도가 1~4℃정도 낮은 분포를 보이며, 이는 열전소자의 구동 전류가 상승함에 따라 전체적인 열의 유동이 이루어져 두 모듈의 온도 분포가 크게 차이가 없음을 알 수 있다. 그림 6(c)의 세라믹 구조의 열전소자에서는 T1의 온도가 67℃, T2의 온도는 63℃로 나타났으며 모듈 전체의 온도는 그림 6(b)보다 1~3℃ 감소하였지만 COB LED의 접합부분에서 나타나는 열 응집현상을 해소하지 못하였다. 그림 7(c)에서는 T1의 온도는 66℃, T2는 67℃로 접합부분의 온도가 역전되었다. COB LED 접합부분의 열 응집현상이 열전소자의 흡열현상에 의해 해소되었음을 알 수 있다. 본 실험에서 가장 높은 전류인 0.7A를 인가하였을 때 그림 6(d)의 T1은 66℃, T2는 68℃로 T1과 T2의 온도가 2℃의 차이를 보였고 T3는 64℃, T4는 60℃로 세라믹 구조에서는 큰 변화가 없음을 확인 하였다. 구리박판 열전소자인 그림 7(d)는 T1 접점의 온도는 59℃, T2는 68℃로 T1과 T2 접점의 온도가 9℃ 차이를 보이며 COB LED의 접합부분의 열 응집현상이 해소되었다. T3와 T4의 온도는 각각 63℃, 60℃를 나타내어 방열판에서의 열 방출이 원활하게 이루어짐을 확인하였다.

V. 결론

COB LED조명의 광원은 반도체 소자로써 입력 전력 중 70~80% 이상이 열에너지로 전환되어 고온의 열에 의한 광 출력 감소, 수명 감소와 같은 문제가 존재한다. 이를 해결하기 위한 방법으로 방열판을 이용한 공랭식 방식이 주로 사용되고 있다. 하지만 고효율 조명에 대한 연구가 지속적으로 진행되고 소형화된 고효율 조명에서 발생하는 고온의 열 문제를 해결에는 한계가 있다. 따라서 본 논문에서는 열전소자의 펠티에 효과를 이용한 흡열과 발열 현상을 이용하는 방열방법을 제안하였고 열전소자는 세라믹 구조의 열전소자와 구리박판 구조의 열전소자 두 종류에 대한 방열 성능을 측정하여 데이터를 수집하여 비교 분석하였다. COB LED의 열 응집현상이 0.7A를 인가하였을 때 구리박판 열전소자에서 59℃로 세라믹 구조의 열전소자의 67℃보다 8℃ 감소하여 가장 큰 차이를 보였다. 구리박판 열전소자는 구리의 열전도도가 세라믹보다

높기 때문에 열의 유동이 잘 이루어져 열 응집현상을 보다 원활하게 해소시킴을 확인하였고 향후 고효율의 조명의 방열방식에 유용하게 사용할 수 있을 것이다.

References

- [1] Jeong-Min Han, Dae-Shik Seo, "Electro-optical Characteristics of LED Flat Light Source in Low Temperature Condition", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, Vol.11, No.1, pp.61-66, 2011.
- [2] S. H. Han, Y. J. Kim, J. H. Kim, D. J. Kim, J. Y. Jung, S. Kim, G. S. Cho, "Control of Heat Temperature in Light Emitting Diodes with Theroelectric Device", Journal of the Korean vacuum Society, Vol.20, No.4, pp.280-287, 2011.
- [3] Jung-Ho Yoo, Hyun-Ju Lee, Nam-Jae Kim, Shi-ho Kim, "A Design of Thin Film Thermoelectric Cooler for Chip-on-Board(COB) Assembly", The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, Vol.59, No.9, pp.1615-1620, 2010.
- [4] Young-Tae Cho, "Heat Radiation of Multichip 10W LED Light Using Thermoelectric Module(TEM)", Korea society of Manufacturing Technology, Vol.21, No.1, pp.46-50, 2012.
- [5] M. G. Jang, M. S. Jun, T. M. Roh, J. D. Kim, "Thermoelectric Power Generation with High Efficiency", Electronics and Telecommunications Trends, Vol.23, No.6, pp.12-21, 2008.
- [6] J. H. Kim, M. Y. Ku, G. W. Lee, "Evaluation of Heat Release Performance of Swaged- and Extruded-type Heat Sink Used in Industrial Inverter", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol.14, No.2, pp.523-528, 2013.
- [7] S. I. Hong, S. J. Yoon, C. H. Lin, "An Efficient Control system for Intelligent LED Indoor Lighting", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, Vol.14, No.6, pp.235-243, 2014.

저자 소개

김 효 준(정회원)



- 2013년 : 원광대학교 전기공학과 졸업(공학사)
- 2013년 : 원광대학교 대학원 정보통신공학과 석사과정(공학석사)
- <주관심분야 : 방열설계, LED 조명제어>

강 은 영(정회원)



- 2013년 : 원광대학교 정보통신공학과 졸업(공학사)
- 2013년 : 원광대학교 대학원 정보통신공학과 석사과정(공학석사)
- <주관심분야 : LED감성조명, LED조명제어>

임 성 빈(정회원)



- 2015년 : 원광대학교 정보통신공학과 졸업(공학사)
- <주관심분야 : LED조명, 방열시스템>

황 근 창(정회원)



- 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)

업 (이학박사)

- 1989 ~ 1990년 : TCU, 물리학과 Post-Doc
- 1992년 : 원광대학교 물리학과 교수
- 1995년 ~ 현재 : 한국 정신과학 학회 상임이사
- 2012년 9월 ~ : 원광대학교 자연대학 학장
- <주관심분야: Sol-Gel Processing, Raman Spectroscopy, 응용물리학, 정신과학>

김 용 갑(정회원)



- 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
- <주관심분야 : 가시광통신시스템, 전력선 통신>