

## 단일 패키지의 특성 분석을 통한 고출력 발광 다이오드 모듈의 접합 온도 측정

이세일<sup>1,a</sup>, 김우영<sup>1</sup>, 정영기<sup>1</sup>, 양종경<sup>1</sup>, 박대희<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 원광대학교

### Measurement of Junction Temperature in High Power LED Module with Property Analysis of Single Package

Se-IL Lee<sup>1,a</sup>, Woo-Young Kim<sup>1</sup>, Young-Gi Jeong<sup>1</sup>, Jong-Kyung Yang<sup>1</sup>,  
and Dae-Hee Park

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

(Received September 27, 2010; Revised October 28, 2010; Accepted November 3, 2010)

**Abstract:** The temperature of junction in LED affects the life time and performance. however, the measurement of junction temperature in module is very difficult.

In this paper, to measure the junction temperature in LED module, optical and electrical properties is measured in single package in temperature from 25 [°C] to 85 [°C], and then junction temperature can is estimated in module with measuring the average voltage of single package. As results, the junction temperature of single package is measured the temperature of 61.2 [°C] in ambient temperature, also, the junction temperature of LED module is measured the temperature of 72.5 [°C] in ambient temperature.

**Keywords:** LED, Junction temperature, Forward voltage

#### 1. 서 론

Light emitting diode (LED)는 현재 높은 효율과 안정성, 긴 수명, 다양한 색상 구현과 낮은 전력 소모 등의 장점을 가지고 있다 [1,2]. 최근에 LED는 다양한 분야에 적용되어 LCD 디스플레이, 차량용 전조등, 경관 조명을 위한 조명으로 이용되고 있으며 최근에는 일반 조명에서의 응용이 활발히 이루어지고 있다 [3,4]. 특히 고출력 LED를 이용한 조명제품에는 투광등과 가로등이 주를 이루고 있으며 일부 실내조명 제품들이 판매 되고 있다.

하지만 LED 조명의 경우 높은 광 출력을 얻기 위해 다량의 LED 패키지가 사용되며, 이러한 다량의 LED 패키지로 인해 열 발생이 증가하여 광 효율 저

하, 색온도 변화, 접합 온도의 상승으로 LED 패키지의 열 저항이 증가 하여 단기적으로는 광효율 저하와 장기적으로는 칩의 수명감소로 인한 신뢰성 저하와 주변부품에도 영향을 준다 [5-7].

즉, LED 패키지에서 발생하는 내부의 열을 외부로 얼마나 방출시킬 수 있느냐에 따라 수명 및 광효율이 급격히 변화하고 패키지 내부의 반도체 접합부에서의 열 발생은 직접적으로 동작 전압의 감소를 가져와 그로 인하여 광 출력이 감소하게 되므로 이러한 열적 스트레스를 해결하기 위해서 방열부 (heatsink, heatpipe)를 이용해 그 문제를 해결하고 있다 [8,9].

현재는 패키지 개발 시 다양한 디자인과 재료 측면에서 소자의 성능 향상과 신뢰성 향상을 위한 방열기술에 대한 연구가 활발히 이루어져 플립칩 구조나 chip on board (COB) 기술을 접목하여 사용하며 이

a. Corresponding Author; parkdh@wonkwang.ac.kr

것은 접합온도를 낮추기 위한 방법이다 [10].

LED 패키지를 생산하는 업체들은 패키지의 열 저항 및 접합온도에 따른 수명 등을 예측하여 datasheet에 기록하고 있으며, LED 패키지의 열 저항을 측정할 수 있는 장비도 개발되어 있는 실정이다. 하지만 LED 조명은 여러 개의 단일 패키지가 결합하여 하나의 모듈 형태로 사용되는데, 모듈 형태로 제작되는 경우에는 접합온도를 측정하기 어려운 문제점이 있어 그에 따른 수명 및 신뢰성 측정이 제한된다.

따라서 본 논문에서는 단일 패키지 특성 분석을 통하여 모듈이나 등기구 구성시 간단하게 접합온도를 예측할 수 있는 방안에 대하여 확인하고자 하였다.

## 2. 이론 및 실험

### 2.1 LED 접합온도 측정

LED 패키지 성능평가에 있어 열저항은 중요한 파라미터로서, 소자의 신뢰성과 수명을 결정할 수 있는 접합온도와 직접적인 관계를 가지며 식 (1)으로 정의할 수 있다.

$$R_{JX} = \frac{T_J - T_X}{P_H} \quad (1)$$

여기서  $T_J$ 는 안정 상태의 접합부분의 온도를 나타내며,  $T_X$ 는 외부 온도, 그리고  $P_H$ 는 LED 패키지에 인가되는 전기적 에너지를 나타낸다. 따라서 열 저항  $R_{JX}$ 는 접합온도와 외부에서의 온도차와 인가되어지는 전기적 에너지의 비율을 나타내며 단위는  $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ 이다. 따라서 안정상태의 접합부분의 온도  $T_J$ 는 식 (2)와 같이 정의할 수 있으며 단위는  $^{\circ}\text{C}$ 이다.

$$T_J = T_{J0} + \Delta T_J \quad (2)$$

여기서  $T_{J0}$ 는 LED 패키지에 전기적 에너지를 인가하기 전의 접합온도를 나타내고, 인가된 전기적 에너지에 의해 변화된 접합부분의 온도를  $\Delta T_J$ 로 나타내었다.

열전이 방법에서는 온도 감응 계수를 사용하여 LED에 전기적 에너지가 인가되는 동안 접합온도의 변화를 식 (3)과 같이 측정할 수 있다.

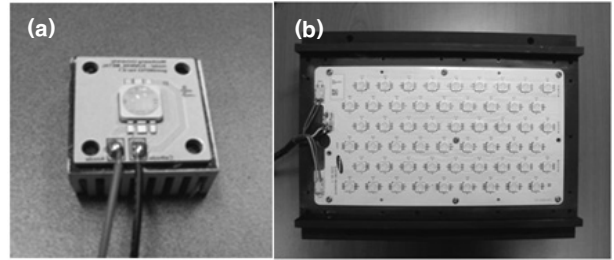


Fig. 1. Sunnix 6 LED package and LED module.

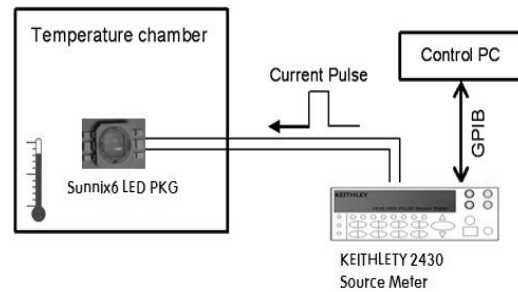


Fig. 2. Experimental setup.

$$\Delta T_J = K \times \Delta TSP \quad (3)$$

$\Delta TSP$ 는 순방향 전압차이를 나타내며  $K$ 는 순방향 전압과 소자의 온도에 따른 일정한 비례관계의 기울기를 나타내며 단위는  $[^{\circ}\text{C}/\text{mV}]$ 이다 [11].

일반 전자소자 패키지와는 달리 고효율 LED에서 전체 인가된 파워는 열에너지와 빛에너지로 전환된다. 따라서 식 (4)에서 보는바와 같이 광출력과 전기적 출력에 대한 측정을 통해 열로 변환되는 부분에 대해 확인할 수 있다.

$$P_{\text{heat}} = P_{\text{el}} - P_{\text{opt}} \quad (4)$$

여기서,  $P_{\text{heat}}$ 는 발생된 열량,  $P_{\text{el}}$ 은 인가전력,  $P_{\text{opt}}$ 는 광출력을 나타낸다.

### 2.2 실험장치

단일 패키지의 특성분석을 위하여 power source meter (KEITHLEY, 2430, USA)과 온도챔버 (조선헌측기, HS-CS-2-12, korea)을 사용하여 구동전류에

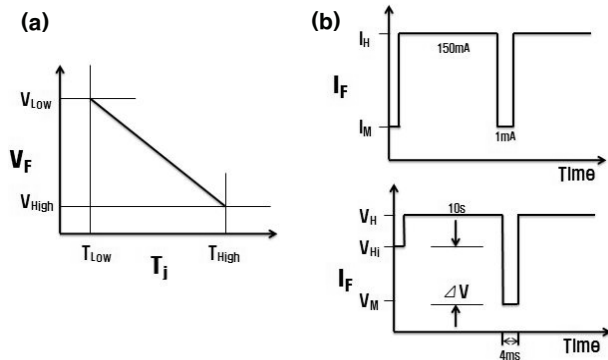


Fig. 3. (a) Change of Voltage by temperature, (b) Change of Voltage by Forward Current.

따른 전압특성 및 외부온도에 따른 접합온도 변화량을 측정하였다. 그림 1의 (a)는 실험에 사용된 LED 패키지로 삼성LED (주)의 Sunnix6이며 (b)는 패키지 54개를 직·병렬 연결하여 80 [W]급 가로등모듈을 구성하였다.

그림 2는 실험에 사용된 장비를 나타낸 것으로 오븐 안에 패키지를 넣어 외부온도를 일정하게 유지하였으며, power source meter를 통해 구동 전류 및 전압측정을 하여 패키지의 접합온도를 계산하였다.

그림 3의 (a)는 온도에 따른 순방향전압을 나타내며 이상적인 p-n접합에서 일정한 순방향 전류를 인가하였을 때, 온도에 따른 순방향 전압의 변화를 나타낸다. 인가 전류에 따른 전압변화를 측정을 통해 접합온도를 측정하기 위해 그림 3의 (b)에서 보는바와 같이 구동전류를 350 [mA], 10 [s]를 인가하였으며 감지전류 1 [mA], 4 [ms]를 인가하여 전압변화를 확인하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 LED 패키지 특성 분석

외부 온도 변화에 따른 동작전압의 특성을 확인한 결과 그림 4와 같이 일정한 기울기를 가짐을 확인하였으며 그때 기울기 ( $\Delta T/\Delta V$ )는 K-factor로서 약 130.44의 값을 보였다.

그림 5는 외부온도 25 [°C]에서 85 [°C]까지 15 [°C] 간격으로 변화를 주어 각각의 전압특성을 확인하였다. 인가된 전류는 그림 3의 (b)와 같이 구동전류

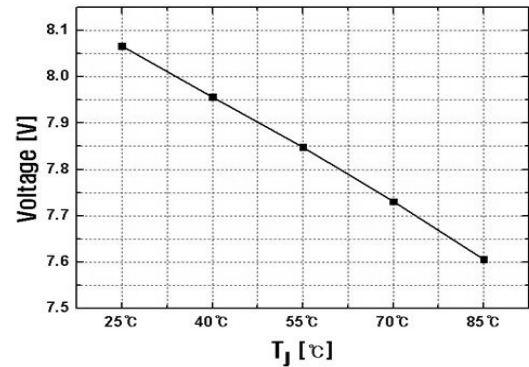


Fig. 4. The change of applied voltage by ambient temperature.

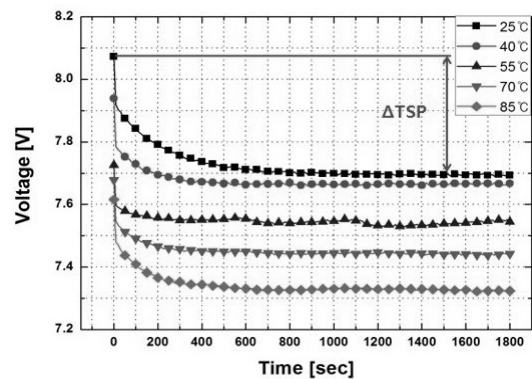


Fig. 5. The change of forward voltage by temperature in sensing current when applying the driving current.

(150 [mA], 10 [s])와 감지전류 (1 [mA], 4 [ms])를 일정한 주기로 인가하였을 때 감지전류에 따른 순방향 전압을 나타낸다. 안정화 상태의 외부온도 25 [°C]와 85 [°C]의 전압 차는 약 0.38 [V]이다. 그림 6은 구동전류에 따른 순방향 전압을 나타낸다. 구동전류 인가시 안정화 상태의 외부온도 25 [°C]와 85 [°C]의 전압 차는 약 0.42 [V]이며, 구동전류와 감지전류 인가에 따른 전압 차는 약 1.7 [V]차를 나타냈다.

그림 7은 외부온도에 따른 접합온도의 변화를 나타낸 것이다. 이는 구동전류 인가시 감지전류에서의 전압변화를 식 (2), (3)을 통해 접합온도를 예측할 수 있었다. 외부온도 25 [°C]일때 안정화 상태의 접합온도는 61.2 [°C]로 약 36.2 [°C]상승하였고, 외부온도 85 [°C]의 안정화 상태의 접합온도는 108.2 [°C]로 약 23.2 [°C]상승하였다. 상대적으로 외부온도가 높아질

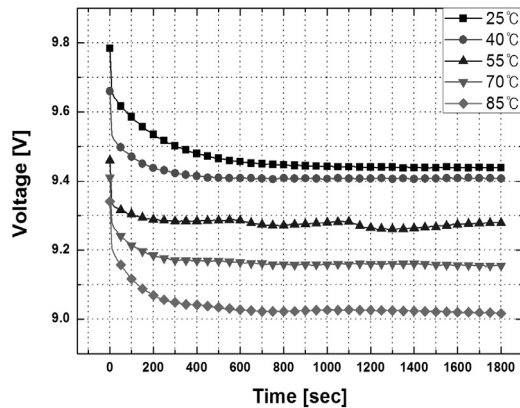


Fig. 6. The change of forward voltage by temperature when applying the driving current.

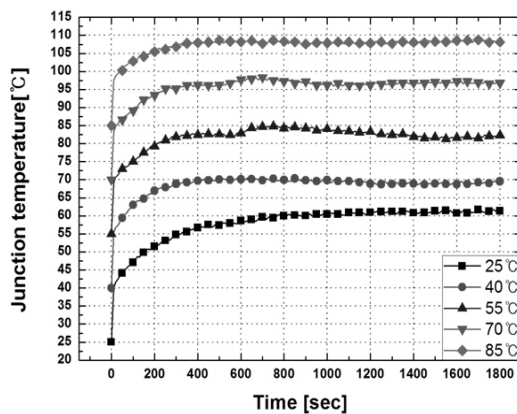


Fig. 7. The change of junction temperature by ambient temperature.

수록 접합온도의 증가폭은 낮아짐을 확인 하였고 외부 온도 1 [°C]가 증가하면 LED 패키지의 접합온도는 약 0.76 [°C]가 증가함을 확인하였다.

### 3.2 모듈상태의 접합온도 예측

그림 8은 접합온도 측정 대상으로 사용된 그림 1 (B)의 80W급 가로등모듈의 회로도를 나타낸다. 총 54개의 LED 패키지를 사용하였으며, 6개 직렬과 9개의 병렬로 구성되어 있다. 안정화상태의 LED 모듈의 개별 패키지 평균전압을 계산하기 위해 외부온도 25 [°C]에서 3시간 구동 후 digital multimeter (DMM)을 이용하여 전압을 측정한 결과 LED 패키지 6개의 직렬 접속된 구간의 전압은 56.28 [V]이었으며 단일 패

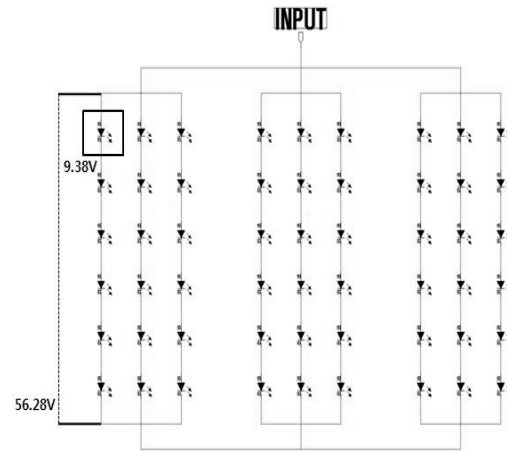


Fig. 8. Construction of circuit in street lighting module

키지에는 9.38 [V]가 평균적으로 인가된 것을 확인 하였다.

따라서 LED 패키지의 온도 특성은 직접적으로 동작 전압으로 표출되기 때문에 단일 패키지의 동작 특성 데이터를 바탕으로 평균 전압 측정을 통해 모듈에서 역시 접합온도의 측정을 예측할 수 있었으며 안정화 되었을 때 모듈상태의 접합온도는 PKG 상태의 접합온도 보다 약 11.3 [°C] 상승하였음을 확인할 수 있었다.

## 4. 결 론

본 논문에서는 LED PKG의 특성 분석을 통해 모듈상태의 접합온도를 예측하는 방안을 제시하였다. 접합온도를 측정하는 방법에는 여러 가지가 있지만 EIA/JEDEC standard 51-1 규격을 기준으로 전기적 측정 방법을 사용하여 접합온도를 계산하였다. 또한 모듈에서의 특성 역시 온도 분포에 따른 전압 변화를 통해 접합온도 특성을 예측할 수 있었다.

1) 단일패키지의 접합 온도 특성은 외부 온도 변화에 따라 PN접합 부분에서 생성된 열에 의해 포톤의 생성을 감소시키고 포논의 생성을 증가시켜 비발광 재결합으로 인해 외부온도 변화에 따라 약 0.42 [V]의 큰 전압변화 특성을 보였다.

2) 단일 패키지에서의 외부 온도 변화에 따른 접합 온도 변화로 인한 동작전압의 변화 데이터를 바탕으로 모듈에서 역시 평균 동작 전압의 변화를 통해 접

합온도를 예측할 수 있었으며 초기 동작보다 약 11.3 [°C] 접합온도가 상승했음을 알 수 있었다.

3) 정량화된 패키지의 접합온도에 따른 동작 전압 특성 평가를 통해 다양한 모듈 구성 시 그 영향에 대해 쉽게 확인할 수 있으며 기존의 측정방식과 달리 전기적 특성에 대한 평가를 통해 비접촉성 방법으로 손쉽게 접합온도를 측정할 수 있다.

### 감사의 글

본 연구는 호남 광역경제권 선도 산업 기술개발사업에서 지원하는 “실감형 조명 연출을 위한 옴니버스 LED 조명 장치 개발”의 지원에 의해 작성되었습니다.

### REFERENCES

- [1] H. Lee, J. Park, M. Kim, H. Kim, and J. Kim, *J. KIEEME*, 22, 1033, (2009).
- [2] S. Lee, S. Lee, J. Yang, J. Lee, and D. Park, *Trans. KIEE*, 59, 609, (2010).
- [3] J. Hu, L. Yang, and M. Shin, *J. Phys. d:Appl. Phys.* 41, (2008).
- [4] M. Shin and J. Kim, Introduction to LED Packaging Technology, *Bookshill*, 283, (2009).
- [5] E. F. Schubert, Light Emitting Diodes, 2nd ed. (*Cambridge University Press*, Cambridge, 2006), p. 97.
- [6] J. Hu, L. Yang, W. Hwang, and M. Shin, *J. Cry. Gro*, 288, 157, (2006).
- [7] J. Hu, L. Yang, and M. Shin, *Mic. J*, 38, 157, (2007).
- [8] J. Park, H. Kim, J. Kim, W. Chun, and S. Song, *KIIEE. Spring Conference*, (Y. P. resort, 2009), p. 252.
- [9] X. Luo, W. Xiong, and S. Liu, *ICEPT-HDP* 1, (2008).
- [10] L. Wang, P. Gu, and S. Jin, *OPTICS LETTERS*, 34, 301, (2009).
- [11] EIA/JESD51-1, (1995).
- [1] H. Lee, J. Park, M. Kim, H. Kim, and J. Kim, *J.*