

# LED Chip 열저항측정을 통한 LED Module 온도분석

(LED Module Temperature Analysis for LED Chip Thermal Resistance Measurement)

정희석<sup>\*1</sup> · 유형열<sup>2</sup> · 김정수<sup>1</sup> · 이영주<sup>1</sup>

(Hee-Suk Jeong · Hyoung-Yul Yoo · Jeong-su Kim · Young-Joo Lee)

한국조명기술연구소<sup>1</sup>, (주)남영전구<sup>2</sup>

Korea Institute of Lighting Technolgy, Namyung Lighting co. Ltd

## Abstract

It is difficult to measure junction temperature in the LED Module. According to the arrangement, control unit and heat sink, temperature distribution is changed in the LED Module. A method of forecasting LED Module thermal resistance is suggested with measuring LED and PCB board temperature.

## 1. 서 론

LED조명의 특징으로는 고신뢰성, 장수명, 고효율, 고속응답 등의 장점이 있다. 현재 고휘도의 Power LED가 개발되면서 기존 전통광원을 대체하는 형태로 개발이 활발히 이루어지고 있다. LED조명에 이용되는 백색 LED의 수명은 사용전류, 발광과장, 방열성 등의 요인에 의해 크게 좌우된다. 수명을 좌우하는 열화현상에는 LED를 구동시킴으로서 발생하는 1차적인 직접요인과 1차요인이 원인이 되어 재료물성·기계적 요소에 의해 열화를 일으키는 간접요인, 3차요인은 패키지, 모듈의 외부에 의한 환경요소가 작용한다. LED조명은 입력전력 대비 광출력은 약 15~20 %이며 나머지는 열로 변환되므로 열에 의한 동특성이 매우 민감하게 변화한다. 칩 자체의 발열에 의한 광출력 저하가 일어나며 모듈화 된 형태에서는 열화정도가 선형적으로 일어나지 않기 때문에 방열설계를 위한 온도예측은 매우 중요하다.

따라서 Chip 열저항 측정과 모듈에서의 온도를 비교 측정하여 LED 모듈에서의 열저항 값을 예측하고 접합점 온도( $T_j$ )를 낮추기 위한 방열 설계를 위한 아이디어를 제공하고자 한다.

## 2. 본 론

### 2.1. LED 접합점 온도

LED의 열화는 PN접합에 의한 반도체의 접합점 발열이 주원인이다. 접합점 온도를 측정함으로써

LED의 열화정도를 예측 가능하지만 직접 측정하기는 물리적으로 곤란하다. 따라서 LED의 특성을 이용한 여러 가지 방법을 사용하여 접합점의 온도를 추정한다.

#### 1) 순전압( $V_f$ ) 측정에 의한 방법

순전압( $V_f$ )과 접합점 온도( $T_j$ )가 반비례하는 특성을 이용하여  $T_j$ 를 추정할 수 있다. 순전압( $V_f$ )과 접합점 온도( $T_j$ )의 관계에서  $T_j$ 의 상승이 거의 무시 가능한 정도의 순전류( $I_f=1mA$ )이고 LED 주위 온도( $T_a$ )가  $T_a \approx T_j$ 일 때 주위온도를 변화시키면서  $V_f$ 를 측정한다. 측정된 데이터를 이용하여 순전압( $V_f$ )과 접합점 온도( $T_j$ )와의 관계를 그림1과 같이 그래프로 나타내어  $T_j$ 를 추정할 수 있다.

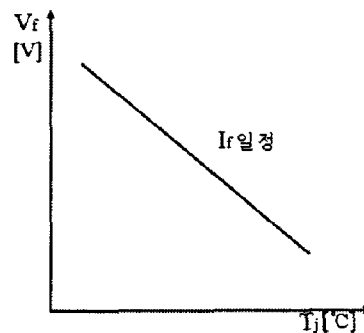


그림 1.  $V_f-T_j$  관계  
Fig. 1.  $V_f-T_j$

#### 2) 열저항법

온도 상승과 소비 전력의 비를 나타내는 열저항을 이용하여 접합점 온도( $T_j$ )를 추정할 수 있다.

LED Chip 제조회사에서 제공하는 접합점에서의 패키지와 외부단자간의 열저항( $R_{th}$ )을 알고 있는 경우 외부단자온도를 측정함으로써  $T_j$ 를 추정할 수 있다.

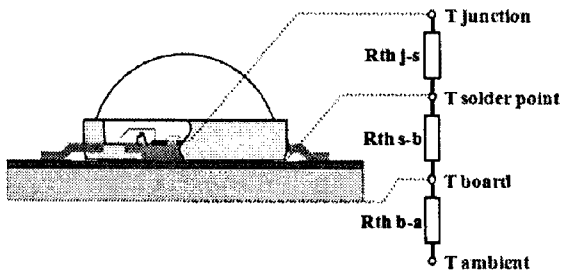


그림 2. LED 접합점온도 및 열저항  
Fig. 2. LED Junction Temperature and Thermal Resistance

$$T_j = \Delta T_{j-s} + \Delta T_{s-b} + \Delta T_{b-a} + T_a$$

$$= (R_{j-s} + R_{s-b} + R_{b-a}) \times W + T_a$$

$T_j$  : junction 온도

$\Delta T_{j-s}$  : 접합점에서 solder point까지의 온도차

$\Delta T_{s-b}$  : solder point에서 board까지의 온도차

$\Delta T_{b-a}$  : board에서 주위환경까지의 온도차

$T_a$  : ambient 온도

$R_{j-b}$  : 접합점에서 board까지의 열저항  
( $R_{j-b} = R_{j-s} + R_{s-b}$ )

$R_{b-a}$  : board에서 주위환경까지의 열저항

$W$  : LED의 발열량으로  $W = I_f \times V_f$

그림 2와 같이 패키지 상태에서의 접합점 온도를 추정할 수 있으나 열저항은 일정조건에 대해 특성을 나타내며 실제 모듈에 적용하기에는 많은 오차가 따른다. 위의 식으로부터 LED의 소비전력을 이용하면  $R_{j-b}$ 와  $R_{b-a}$ 는 아래의 식으로 구해지므로 모듈에서의 방열설계를 위한 온도예측이 가능하다.

$$R_{j-b} = (T_j - T_b) / W$$

$$R_{b-a} = (T_b - T_a) / W$$

## 2.2. LED Chip의 열저항

실험에 사용된 LED Chip의 접합온도 및 열저항은 Chip 제조회사에서 측정한 데이터를 적용하였다. 그림 3은 순전압( $V_f$ ) 측정에 의한 방법으로 순전류  $I_f = 1mA$ 일 때 LED 주위온도를 변화시키면서  $V_f$ 를 측정한 결과를 나타낸 그래프이다. 순전압( $V_f$ )과 접합점 온도( $T_j$ )의 관계는 반비례하는 선형 그래프임을 알 수 있다.

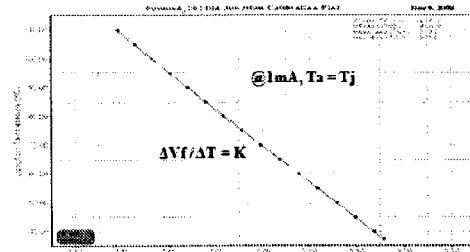


그림 3.  $V_f - T_j$  측정 그래프  
Fig. 3.  $V_f - T_j$  Measurement graph

LED Chip의 열저항은 제조회사의 열저항측정기로 측정한 결과 표 1과 같이  $R_{th} = 9.085 \text{ } ^\circ\text{C/W}$ 이다.

표 1. LED Chip의 열저항 측정값  
Table 1. LED Chip Thermal Resistance Data

Power(W)	$T_j$ ( $^\circ\text{C}$ )	$V_f$ (V)	$R_{j-s}$ ( $^\circ\text{C/W}$ )
1.758	47.9	2.925	9.085

## 2.3. Module에서의 온도 측정

온도측정에 사용된 시료는 백열전구대체형 LED 램프에 사용되는 LED Module로써 그림 4과 같이 백색 LED 6개가 배열된 형태이다.

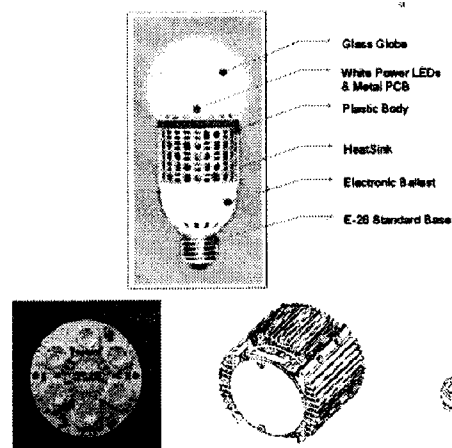


그림 4. LED 램프 및 구성도  
Fig. 4. LED Lamp and Component

완제품의 부품 중 글로브, 방열판 등 다른 부품을 분리시킨 후 Metal PCB 위에 LED Chip이 조립된 상태의 모듈만 적외선 열화상카메라(IR Camera)를 이용하여 온도를 측정하였다. 열화상카메라의 방사율은 0.96이며 측정거리는 0.7 m, 주위온도는  $25 \text{ } ^\circ\text{C}$ 로 설정하였다. LED 완제품에서의 구동장치를 사용하여 점등시켰으며 LED Module과 Metal PCB를 점등시간에 따른 온도변화를 측정하였다.

### 2.3. 측정결과 및 분석

그림 5는 LED Module의 온도를 측정한 결과이다. 구동장치는 정격입력전압 220 V를 인가하여 구동시켰으며 이때 Power Analyzer를 이용하여 계측된 전력은 6.5 W이다. 전원을 인가한 후 30분 이후에는 LED의 온도가 포화되었으며 6개의 Chip 중 가장온도가 높게 올라가는 칩에 대한 온도를 표시하였다. LED Chip의 최대온도는 117.1 °C이다. 또한 소등 후 10분 이후엔 정상온도로 냉각되었다.

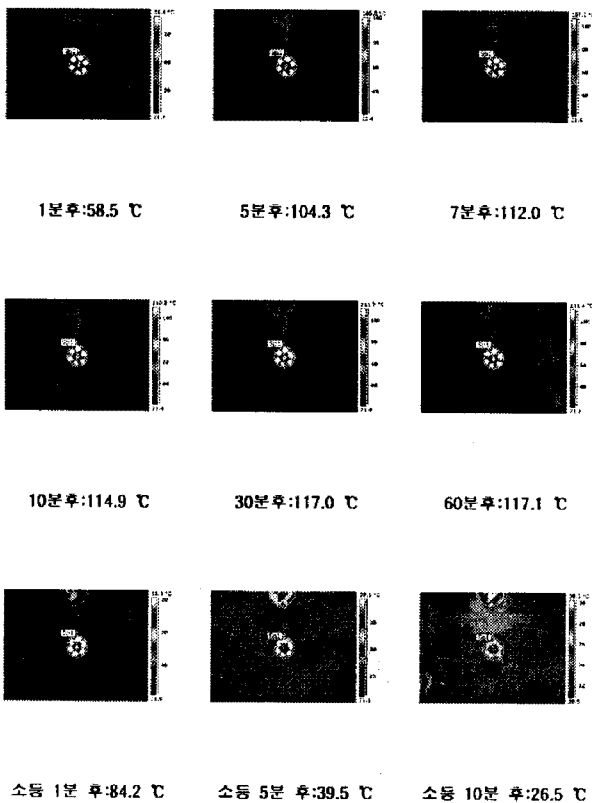


그림 5. LED Module 온도측정  
Fig. 4. LED Module Thermal Measurement

그림 6은 PCB Board의 온도를 측정한 결과이다. LED Module을 측정할 때와 마찬가지로 가장 온도가 높은 LED의 PCB Board면을 측정하였다. 온도가 올라가는 시간은 약 30분 정도에서 포화가 일어나기 시작하여 1시간 이후에는 온도변화가 거의 일어나지 않는다. PCB Board면의 최대온도는 111.6 °C이며 소등 후에는 정상온도로 냉각되는데 10분정도가 소요되었다.

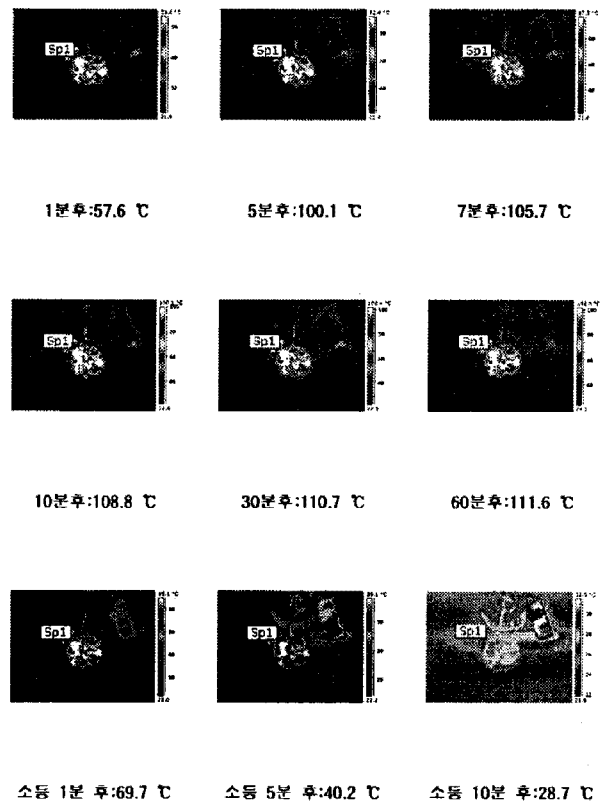


그림 6. PCB Board 온도측정  
Fig. 6. PCB Board Thermal Measurement

LED Module에서 6개의 Chip 중 가장온도가 높게 올라가는 칩의 온도를 접합점 온도( $T_j$ ), PCB Board의 온도를  $T_b$ 로 가정하여 전체 모듈에서의 열저항( $R_{th}$ )을 예측하였다. 접합점에서 주위환경까지의 열저항( $R_{th}$ )은  $T_j = R_{th} \times W + T_a$ 이므로  $R_{th} = 14.17$  °C/W이다. 여기서 제조회사가 제시한 접합점에서 solder point까지의 열저항( $R_{j-s} = 9.085$  °C/W)을 적용하면 solder point에서 주위환경까지의 열저항  $R_{s-a} = 5.085$  °C/W 이다.

### 3. 결론

LED Module에서의 접합점 온도를 직접 측정하기는 물리적으로 곤란하다. 또한 단일 Chip에서의 열저항을 알고 있다 해도 모듈화 시킨 후에는 구조, LED의 배열, 제어방식, 방열구조 등에 따라 온도분포가 달라진다. 따라서 본 실험에서는 LED의 온도 및 PCB Board의 온도를 측정하여 Module상태에서의 열저항을 예측하였다. 측정결과 LED Chip의 최대온도는 117.1 °C, PCB Board의 최대온도는 111.6 °C에서 포화되었다. 이때 칩의 온도를 접합점 온도( $T_j$ ), PCB Board의 온도를  $T_b$

로 가정하여 전체 모듈에서의 열저항( $R_{th}$ )을 예측한 결과  $R_{th}=14.17 \text{ }^{\circ}\text{C/W}$ 이다.

LED 패키지나 모듈에서의 열저항 값은 완제품에서의 특성이나 수명에 중요하게 고려해야 할 항목이다. 따라서 LED 모듈에서의 방열설계에서는 Chip에서뿐만 아니라 Ass'y에서의 구동회로를 예측하여 마진설계를 해야 할 필요가 있으며 정확한 열해석을 위한 연구가 진행되어야 한다.

#### 참 고 문 헌

- [1] LED조명추진협의회, "LED 조명 신뢰성 핸드북", 2008, 2.
- [2] 송상민, 김진홍, 여인선, "방열특성과 구동방식을 고려한 디운라이트용 LED 전구의 개발", 조명전기설비학회 추계 학술대회 논문집, 2006, 11.