

멀티 칩 LED 패키지의 방열 특성

(Thermal Dissipation Characteristics of Multi-Chip LED Packages)

김병호* · 문철희**

(Byung-Ho Kim · Cheol-Hee Moon)

Abstract

In order to understand the thermal performance of each LED chips in multi-chip LED package, a quantitative parametric analysis of the temperature evolution was investigated by thermal transient analysis. TSP (Temperature Sensitive Parameter) value was measured and the junction temperature was predicted. Thermal resistance between the p-n junction and the ambient was obtained from the structure function with the junction temperature evolution during the cooling period of LED. The results showed that, the thermal resistance of the each LED chips in 4 chip-LED package was higher than that of single chip-LED package.

Key Words : Heat Dissipation, Thermal Resistance, High-Power LED, Multi-Chip LED, Thermal Transient Analysis

1. 서 론

최근 들어 멀티 칩 LED 패키지의 중요성이 날로 부각되고 있으며 시장에서도 점유율이 매우 높아지고 있다. 이는 수 개에서 수십 개의 LED 칩으로 구성되어 있는 멀티 칩 LED 패키지가 높은 출력을 제공할 수 있어 높은 휘도의 광원이 필요하거나 넓은 면적에 LED 광원을 응용하고자 하는 경우에 있어서 매우 경제적이기 때문이다. 이와 같은 멀티 칩 LED 패키지의 경우 출력이 높아서 발생하는 열도 더 높게 되므로 방

열 (heat dissipation)이 더욱 중요한 문제로 핵심 이슈가 된다. LED 칩의 p-n 접합부에서 발생하는 열을 외부로 충분히 방출해 주지 못하면 LED의 광 효율이 저하하고[1] 색 좌표가 변하며 심하면 패키지 내부 재료들 간의 열팽창 계수 차이로 인하여 소자의 파괴가 일어나기도 한다. 이와 같이 고출력, 멀티 칩 LED 패키지에서는 방열의 중요성이 더욱 심각함에도 불구하고 멀티 칩 LED 패키지가 최근에 급작스럽게 시장에 출현함에 따라서 여기에 대해서는 연구가 많이 진행되어 있지 못하다. 멀티 칩 LED 패키지에서는 LED 칩들이 작은 간격으로 밀집 배치되어 있으므로 각각의 LED 칩에서 방출되는 열이 서로 중첩되는 문제도 고려되어야 하므로 단일 칩 LED 패키지에 비하여 훨씬 상황이 복잡하다. LED 패키지 제조사에서는 방열 문제를 고려하여 최적의 LED 칩 배치를 설계해야 하므

* 주저자 : 호서대학교 디지털디스플레이공학과 석사과정

** 교신저자 : 호서대학교 디지털디스플레이공학과 부교수

Tel : 041-540-5923, Fax : 041-540-5929

E-mail : chmoon@hoseo.edu

접수일자 : 2011년 10월 11일

1차심사 : 2011년 10월 20일

심사완료 : 2011년 11월 28일

로 이와 같은 멀티 칩 LED 패키지의 방열 문제를 해석하고 더 나아가서 이를 예측하는 것은 매우 중요한 연구 분야라 할 수 있겠다.

단일 칩 LED 패키지에서의 방열 문제에 대해서는 많은 연구 결과가 발표되어 있다. 예를 들면 열 계면 물질(thermal interface material; TIM)[2], 패키지 구조[3], 기판 재료[4], 비아 홀[5], 칩의 크기[6] 등의 변수가 패키지의 방열 특성에 미치는 영향에 대하여 연구 결과가 발표되어 있다. 멀티 칩 LED 패키지에 대해서도 일부 연구 결과가 발표되었는데 Chen[7]은 단일 칩과 멀티 칩 LED 패키지에 대하여 열 모델을 수립하여 시뮬레이션을 실시한 결과 실험 치와 일치도가 높다고 발표하였으며, Cheng[8]은 시뮬레이션 작업을 통하여 최선의 방열 특성을 가지는 LED 칩의 배열을 예측하였다. 실험적으로 멀티 칩 LED 패키지의 방열 특성을 평가하는 내용의 연구 결과도 소수이지만 발표되어 있는데, 여기에는 과도 열 해석(thermal transient analysis)을 이용하여 멀티 칩 LED 패키지의 열 저항[9]과 정선 온도[10]를 측정된 결과들이 보고되어 있다. 이들의 주장에 의하면 멀티 칩 LED 패키지의 열 저항은 패키지를 구성하는 LED 칩의 개수가 늘어날수록 감소한다고 보고되었다. 하지만 이들 결과들은 패키지 단위의 열 특성에 대해서만 거론하고 있으며 LED 칩 단위의 열 특성에 대해서는 평가 결과가 보고된 바가 없다. LED 패키지의 방열 특성을 연구하고 이를 제어하고자 하는 이유는 궁극적으로는 패키지를 구성하고 있는 LED 칩 각각의 광 특성과 신뢰성 등을 확보하기 위함이므로 멀티 칩 LED 패키지에서 이를 구성하고 있는 LED 칩 각각의 방열 특성에 대하여 연구하는 것은 매우 필요한 작업이며 따라서 본 연구에서는 여기에 초점을 맞추어 실험과 해석을 수행하였다.

2. 실험방법

2.1 LED 패키지의 제작

그림 1은 본 연구에서 사용한 LED 패키지를 사진 촬영한 것이다. 본 연구에서는 패키지의 열 저항을 측

정하기 위하여 알루미늄을 주재료로 하는 MPCB 위에 세라믹 기판으로 제작된 정사각형 모양의 LED 패키지를 부착하여 실험에 사용하였다. 그림 1은 패키지 내부에 4개의 LED 칩이 배열되어 있는 4칩 패키지를 나타낸 것이며, 본 연구에서는 이와 동일한 형태에서 LED 패키지 내부에 LED 칩을 1개만 배열한 1칩 패키지도 제작하여 이 둘 사이의 방열 특성을 비교 평가하고자 하였다. 패키지를 구성하는 세라믹 기판 재료로서는 알루미늄을 사용하였고, LED 칩은 수직 형태의 청색 GaN LED 칩을 사용하였다. LED 칩과 세라믹 기판을 연결하는 재료인 열 계면 물질로서는 Ag 에폭시를 사용하였다.



그림 1. 본 연구에 사용한 4칩 LED 패키지의 사진
Fig. 1. Photography of 4-chip LED package in this study

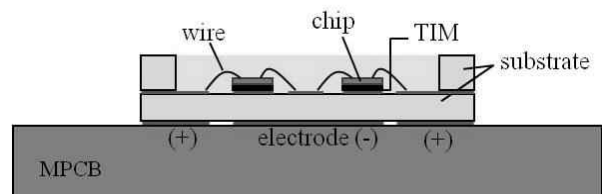


그림 2. 본 연구에 사용한 4칩 패키지의 단면 구조도
Fig. 2. Schematic drawing of 4-chip package in this study

그림 2는 그림 1에서 4개의 LED 칩이 세라믹 기판과 연결된 구조를 설명하기 위한 것이다. 각각의 LED 칩은 비아 홀을 통하여 세라믹 기판 하부에 형성된 하부 전극과 전기적으로 연결되어 있으며, LED 칩의 상

부 전극은 와이어 본딩을 이용하여 서로 병렬로 연결되어 있다.

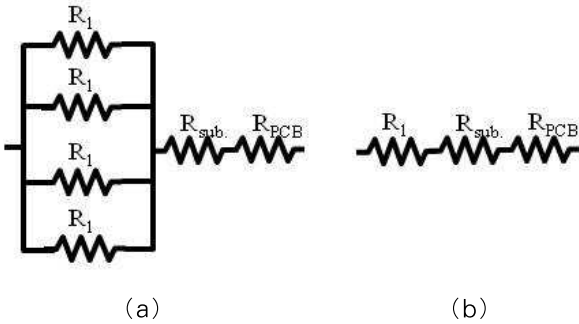


그림 3. LED칩에서 PCB 외부까지의 열 저항 등가 회로 비교 (a) 4칩 패키지 (b) 단일 칩 패키지
 Fig. 3. The equivalent thermal circuit between the LED chip and the ambient. (a) 4-chip package (b) single chip package

그림 3은 본 실험에서 사용한 4칩과 단일 칩 LED 패키지의 열 저항을 등가 회로로 나타내어 비교한 것이다. 그림 3 (a)는 4개의 LED 칩이 병렬로 연결된 멀티 칩 LED 패키지의 경우로서, 4개의 LED 칩의 열 저항이 서로 병렬로 연결되며 이는 다시 세라믹 기판의 열 저항과 PCB의 열 저항과는 직렬로 연결되는 형태이다. 이에 비하여 그림 3 (b)는 단일 칩 LED에 대한 열 저항의 연결 구조를 보여 주고 있다. 그림에서 세라믹 기판의 열 저항인 R_{sub} 과 PCB의 열 저항인 R_{PCB} 은 (a)와 (b)에서 동일한 값을 가지지만, 4칩 LED 패키지의 정선 부위의 열 저항인 $R_{4칩}$ 은 다음의 식 (1)에 의하여 단일 칩 LED 패키지의 정선 부위의 열 저항인 R_1 에 비하여 1/4의 값을 가지게 됨을 알 수 있다.

$$\frac{1}{R_{4칩}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1} \quad (1)$$

2.2 LED패키지의 열 특성 평가

LED 패키지의 열 특성을 평가하기 위하여 가장 많이 사용하는 평가 항목은 정선 온도와 열 저항이다. 본 연구에서는 이를 측정하기 위하여 그림 4와 같은

형태의 측정 장비(Metasytem™)를 제작하여 활용하였다. 이 장비는 그림 4에 나타난 바와 같이 LED 패키지가 부착된 MPCB를 접착제로 핫플레이트 위에 접착시키며, 핫플레이트는 펠티어 소자를 이용하여 원하는 온도로 가열할 수 있도록 구성되어 있다. 핫플레이트의 아래 쪽에는 히트 싱크와 냉각 팬이 배열되어 있어 LED 칩의 p-n 정선 부위에서 발생된 열이 일단 MPCB로 방출되기만 하면 히트 싱크와 냉각 팬을 통하여 외부로 충분히 빠져 나가도록 설계되었다.

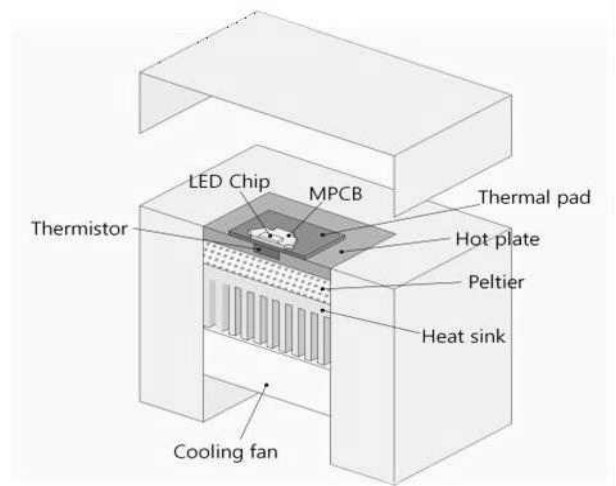


그림 4. 본 연구에서 사용한 열 저항 측정 시스템의 개략도
 Fig. 4. Thermal resistance measuring system

이 장치를 이용하여 정선 온도를 구하는 방법을 설명하면 다음과 같다. 우선 TSP(temperature sensitive parameter; 온도민감계수)라고도 불리는 K값을 구한다[11]. 본 연구에서는 K값을 구하기 위하여 1[mA]의 전류를 LED 칩에 가하였으며 이 전류를 이용하여 LED 칩의 순전압 V_F 를 측정하였다. 일반적으로 LED 정선 온도가 증가함에 따라서 밴드 갭 에너지가 낮아지므로 LED의 순전압이 낮아진다. 본 연구에서는 펠티어 소자를 이용하여 25[°C], 40[°C], 55[°C]의 3가지 온도로 핫플레이트를 가열하여 각각의 경우에 순전압을 측정하였고 이를 그래프로 나타내서 핫플레이트의 온도와 순전압 간에 직선 관계를 얻을 수 있었는데 식 (2)와 같이 그 직선의 기울기로부터 K값을 구하였다[9]. 여기에서 ΔT_J 는 정선 온도의 변화로

서 본 연구에서는 LED에 가하는 전류가 1[mA]로서 작은 값이므로 전류에 의한 LED 온도 상승은 무시할 수 있어 정선 온도는 핫플레이트의 온도와 같다고 가정한다. 따라서 K값을 측정하기 위해서는 핫플레이트의 온도가 LED 칩까지 전달되어 둘의 온도가 같아지도록 (즉 열적인 평형) 충분히 오랜 시간을 기다린 후에 측정하는 것이 중요하다.

$$K = \frac{\Delta T_J}{\Delta V_F} \quad (2)$$

이제 우리는 정선 온도와 순전압 간의 직선 관계를 알게 되었으므로(그 기울기가 K이다) LED에 높은 전류를 인가하여 LED가 점등이 되었을 때에도 그 때의 LED 칩의 순전압을 측정하면 정선 온도를 간접적으로 예측할 수 있게 된다. LED 칩의 정선 온도를 직접 구하는 것은 어려운 일이므로 이와 같은 직선 관계를 이용하여 정선 온도를 구할 수 있다.

다음으로는 이 장치를 이용하여 열 저항을 구하는 방법을 설명하도록 하겠다. 열 저항은 전기 저항 R과 구분하기 위하여 R_{th} 로 표기하며 식 (3)과 같은 관계식으로부터 얻어진다[6].

$$R_{th} = \frac{\Delta T_J}{P} = \frac{\Delta T_J}{I_F \cdot V_F} \quad (3)$$

여기에서 ΔT_J 는 LED 칩을 점등했을 때와 소등했을 때의 정선 온도의 변화이다. 소등했을 때의 LED 정선 온도는 대기 온도와 같아질 것이므로 ΔT_J 는 LED 칩을 점등했을 때 LED 칩의 정선 온도와 대기 온도의 차이라고도 볼 수 있다. 즉 LED 칩에서 발생하는 열이 LED 패키지를 통하여 외부로 잘 방출되는 경우에는 정선 온도가 낮아져서 ΔT_J 가 작을 것이며 따라서 열 저항 값도 낮게 측정될 것이다. 반대로 LED 패키지의 방열 특성이 나쁜 경우에는 LED 칩에서 발생한 열이 외부로 빠져 나가지 못해서 LED 칩에 쌓이게 되고 이로 인하여 정선 온도가 높아져서 ΔT_J 가 크고 따라서 열 저항 값도 크게 측정될 것이다. 식 (3)에서 P는 LED 점등에 소모되는 소비 전력([W])이다. P는 열

의 형태로 소모되는 소비 전력 값인 P_{heat} 와 빛의 형태로 소모되는 소비 전력 값인 P_{opt} 의 합으로 나타나는데, 통상적인 LED 기기에서는 P_{heat} 가 전체 P의 70~90[%]를 차지하는 것으로 알려져 있다. P는 LED 점등시에 계측기로부터 구할 수 있는 값인 I_F 와 V_F 를 곱하여 간단히 구할 수 있으며, P_{opt} 는 일반적으로 적분구를 사용하여 LED에서 방출되는 광자의 양을 파악하여 이를 소비 전력으로 환산하는 방법을 사용하여 구하여진다. 따라서 P_{heat} 는 다음의 식 (4)로부터 구할 수 있다[9].

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

식 (3)에서 열 저항을 파악하는데 있어서는 열로써 소모되는 소비 전력을 고려해야 하므로 엄격한 의미에서는 P 대신에 P_{heat} 를 적용해야 하는데 이 값은 적분구를 사용하지 않고서 실시간으로 측정하기는 어려운 값이다. 또한 소비자들에 있어서도 눈으로 확인할 수 있는 값인 P가 실제적으로는 더 중요하며 P_{heat} 가 P의 70~90[%]에 해당하는 등의 이유로 식 (3)에서 P_{heat} 대신에 P값을 적용하는 것이 일반적으로 많이 사용된다. 본 실험에서도 이와 같은 이유로 식 (3)에서 I_F 와 V_F 를 곱한 값인 P를 사용하였다.

다음으로 식 (3)에서 ΔT_J 를 구하는 방법에 대하여 알아보도록 하자. 앞에서 설명한 바와 같이 ΔT_J 는 LED 칩을 점등했을 때와 소등했을 때의 정선 온도의 변화이다. 정선 온도를 구하는 방법으로는 직접 측정법과 간접 측정법이 있다. 직접 측정법은 써모커플이나 IR 카메라를 사용하는 방법 등이 알려져 있으나[12], 정선 부위가 외부에 노출되어 있지 않으므로 직접 측정법으로는 정확한 측정이 어려워서 일반적으로 간접 측정법을 많이 사용하고 있다. 본 연구에서는 가장 대표적인 간접 측정법인 순전압 측정법(forward voltage method)을 사용하였다. 이 방법은 LED를 점등하였을 때 정선 부위의 온도가 높을수록 p-n 정선의 에너지 밴드 갭이 낮아져서 낮은 순전압에서 전류의 흐름이 이루어진다는 기본적인 원리로부터, 앞에서 식 (2)에서 얻어진 순전압과 정선 온도의 관계식을 이용한다. 즉 순전압을 측정하여 이를

정선 온도로 환산하는 방법이다. 그림 5는 LED를 점등하였을 때 순전압의 변화를 측정하는 것의 예이다. 식 (2)에서 K값을 구하였을 때와 다른 점은 LED에 구동을 위한 전류를 인가한다는 점이다. 그림 5에서 B부분이 여기에 해당하는 것으로 전류를 측정하기 위하여 1[mA]의 바이어스 전류(I_{bias})를 인가하는 것 이외에 LED 점등을 위한 점등 전류(I_{heat})를 인가한다. 일반적으로 LED 소자에서 순전압과 전류와의 관계는 그림 6과 같다. 그림 6에서 알 수 있듯이 순전압을 넘어야 전류가 흐르게 되므로 1[mA]의 I_{bias} 만 흘리더라도 LED에는 미세한 발광이 일어나는 상태가 된다. 단지 그 광량이 미세하여 열 발생량을 무시할 수 있다고 가정하는 것이다. 이제 점등 전류 I_{heat} 를 가하면 순전압의 변화도 발생하는데 이 둘을 곱한 값이 소모되는 와트 수가 되며, 와트 수에 비례하여 광량의 증가와 함께 정선 온도가 증가한다. 그림 5의 B부분에서 알 수 있듯이 LED에 일정한 와트를 공급하면 시간에 따라 LED 정선 부위가 가열되며 이로 인하여 순전압이 감소하게 된다. 순전압의 감소량은 식 (2)의 관계를 이용하여 정선 온도의 변화량으로 변환할 수 있다. 즉 그림 5의 B부분에서 순전압의 감소량이 큰 경우에는 식 (2)로부터 정선 온도가 많이 올라갔다고 이야기할 수 있으며 또한 식 (3)으로부터 열 저항이 크다고 이야기할 수 있다.

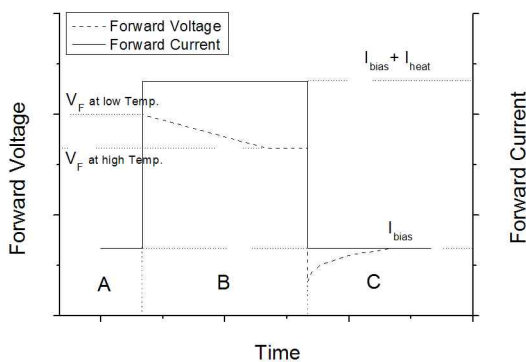


그림 5. LED 구동을 위하여 점등 전류를 인가하였을 때 순전압의 변화
Fig. 5. Forward voltage variation with time when LED is on and off

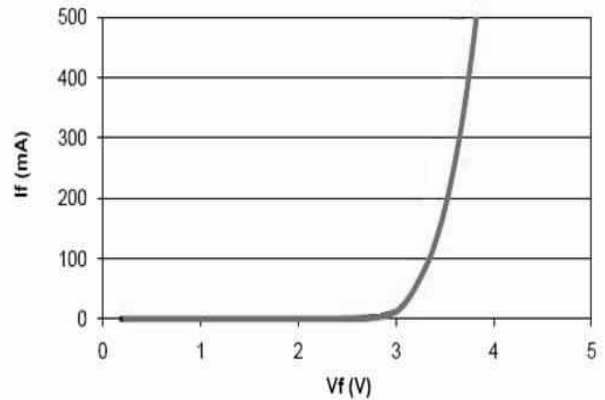


그림 6. LED 소자에서 순전압과 전류와의 관계
Fig. 6. Current variation with the forward voltage

그림 5의 측정 곡선을 통하여 얻을 수 있는 또 하나의 중요한 열 특성은 패키지를 구성하고 있는 구성 요소들에 대한 열 저항 값을 각각 구할 수 있다는 점이다. 그림 5에서 C부분은 점등되어 있는 LED를 끄고 전류를 측정하기 위한 1[mA]의 바이어스 전류(I_{bias})만을 인가하는 상태를 나타내고 있다. C부분에서는 정선 온도가 실온을 향하여 서서히 낮아지므로 시간에 따라서 순전압이 서서히 증가한다. 이를 다시 식 (2)를 이용하여 시간에 따른 정선 온도의 감소 그래프를 얻을 수 있는데 시간에 따른 정선 온도의 감소는 열 흐름 경로에서 불연속적인 계면을 만나거나 열 저항이 다른 구성 요소를 만나면 정선 온도의 감소 곡선에서 변화가 나타나게 된다. 이를 식 (5)와 같이 수학적으로 처리하면 열 커패시턴스의 누적치와 열 저항의 누적치에 대한 미분 구조 함수(differential structure function)가 얻어지며 이를 그래프로 나타내면 각 구성 요소의 열 저항 값을 얻을 수 있다[13].

$$K(R_{\Sigma}) = \frac{dC_{\Sigma}}{dR_{\Sigma}} = \frac{c \cdot A \cdot dx}{dx/\lambda A} = c \cdot \lambda \cdot A^2 \quad (5)$$

식에서 A는 열 경로의 단면적([m²]), c는 재료의 비열([J/Kg · K]), λ는 열전도 계수([W/m² · K])이다. 본 연구에서는 이와 같은 방법을 통하여 LED 패키지를 구성하고 있는 LED칩, 세라믹 기판, MPCB 등의 구성 요소에 대한 열 저항 값을 각각 구하였다.

3. 실험결과 및 고찰

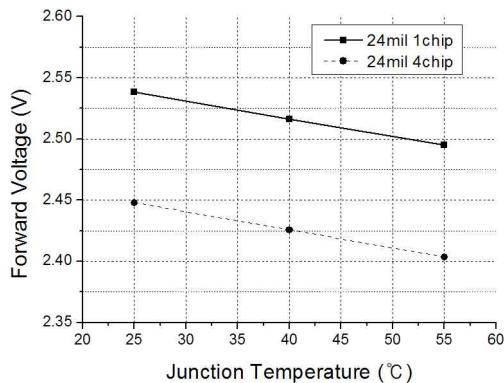


그림 7. 단일 칩과 4칩 패키지에서 K값의 비교
Fig. 7. Determination of K in this study

그림 7은 단일 칩과 4칩 패키지에 대하여 앞에서 설명한 방법으로 K값을 구한 결과를 비교한 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 직선의 기울기가 비슷하므로 두 경우에 있어서 K값은 유사하다고 말할 수 있다. 단지 순전압 자체는 4칩의 경우가 다소 높게 나타났는데 이는 다음과 같이 설명할 수 있다. K값을 구하기 위하여 1[mA]라는 I_{bias} 를 흘렸을 때 4칩의 경우에는 병렬연결 구조로 되어 있어서 각각의 칩에는 0.25[mA]만 흐르기 때문에 단일 칩의 경우보다 다소 낮게 나타나는 것으로 파악된다.

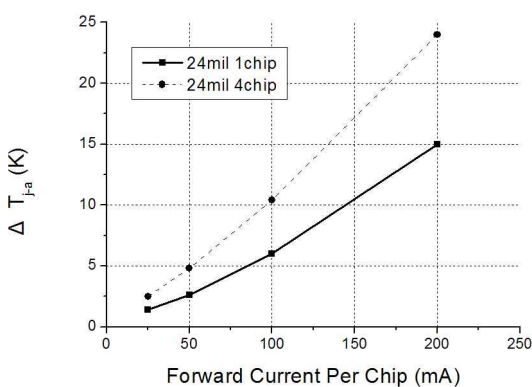


그림 8. 단일 칩과 4칩 패키지에서 정선 온도 변화량의 비교
Fig. 8. Junction temperature variation with forward current

그림 8은 단일 칩과 4칩 패키지에 대하여 앞에서 설명한 방법으로 정선 온도의 변화를 비교한 것이다. 두 경우에 있어서 동일한 칩을 사용하였으며 각각의 칩에 동일한 크기의 전류가 인가되도록 하여 비교하였다. 이는 서두에서 설명하였듯이 열 저항 측정의 목적이 단일 칩의 정선 온도 상승 및 색 좌표 변화 등을 관리하기 위한 것이며, 멀티 칩의 경우에는 전체 광량을 높이기 위한 목적으로 채택하는 것이므로 칩 각각에 대해서는 동일한 부하를 인가한 상태에서 비교하는 것이 의미가 있기 때문이다. 그림 8의 결과에서 알 수 있듯이 4칩의 경우가 정선 온도의 상승 폭이 더 크다는 것을 알 수 있는데 이는 4칩의 경우 각각의 칩에서의 정선 온도 상승은 단일 칩의 경우와 동일하겠지만 4개의 칩이 밀집된 구조라서 발생하는 결과로 판단된다. 즉 그림 2에서와 같이 복수 개의 칩이 밀집된 구조에서 칩 사이의 간격이 충분하다면 각각의 칩에서 발생하는 열이 서로 간섭 없이 히트 싱크로 빠져 나갈 수 있겠지만, 본 연구에서 사용한 4칩의 경우에는 칩의 크기는 $580 \times 580 [\mu m]$ 이며 칩 사이의 간격은 $200 [\mu m]$ 로 칩 사이의 간격이 작아서 열의 방출 경로가 겹쳐지는 현상으로 방열 특성이 저하하여 결과적으로 정선 온도가 높게 나타난다고 설명할 수 있다.

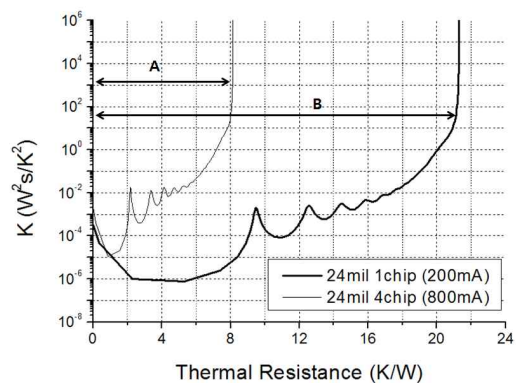


그림 9. 단일 칩과 4칩 패키지에서 패키지에 대한 열 저항 곡선의 비교
Fig. 9. Thermal resistance curve obtained from the structure function

그림 9는 단일 칩과 4칩 패키지에 대하여 미분 구조

합수를 구한 것을 비교한 것이다. 이는 기본적으로 열 특성에서 컨덕턴스와 저항의 누적치를 비교한 것으로 그림에서 피크 사이의 거리가 열 저항을 의미한다. 그림 9는 그림 8에서 설명한 바와 마찬가지로 각각의 칩에 200[mA]의 점등 전류를 인가하였을 때 열 저항 곡선을 비교한 것이다. 즉 단일 칩 패키지에는 200[mA]의 전류가 인가되지만 4칩 패키지의 경우에는 총 800[mA]의 전류가 인가되는 상태이다. 그림 9에서 A, B는 각각 단일 칩과 4칩 패키지에서 정선부터 공기까지의 열 저항인 R_{j-a} 값을 비교한 것이다.

R_{j-a} 값은 LED 패키지에서 열 저항을 거론함에 있어 가장 중요시되는 값으로서 LED 정선에서 발생하는 열이 히트 싱크가 있는 공기까지 얼마나 효과적으로 방출되느냐 하는 것을 나타내 주는 값이다. R_{j-a} 값은 식 (6)과 같이 구해진다[14].

$$R_{j-a} = \frac{\Delta T_{j-a}}{P} = \frac{T_j - T_a}{I_F \cdot V_F} \quad (6)$$

그림 9에서 단일 칩 패키지보다 4칩 패키지에서 R_{j-a} 값이 훨씬 작은 것으로 나타났으며 그 값은 절반 이하인 것을 그래프에서 알 수 있다. 이는 4칩 패키지의 경우가 단일 칩 패키지에 비하여 우수한 방열 특성을 보인다고 이야기할 수 있는 결론으로서 많은 논문들이 이러한 결과를 이용하여 멀티 칩 패키지의 경우가 단일 칩 패키지에 비하여 열 저항이 낮다고 결론짓고 있다[9]. 하지만 이 결론에 대해서는 몇 가지 고려해야 할 점이 있다. 첫 번째로 그림 9에서 두 가지의 패키지에 공급되는 전류의 크기가 다른데 입력 전류에 따른 열 저항의 차이를 고려해야 한다. 여기에 대해서는 입력 전류 값이 작은 조건과 입력 전류 값이 큰 조건에서 서로 상반되는 경향이 보고되어 있는데[14], 패키지의 열 저항을 구한다면 200[mA]와 800[mA]라는 입력 전류 값의 크기 차이가 열 저항에 미치는 영향에 대해서도 고려해야 한다. 두 번째로 식 (3)에서 구하는 열 저항 값은 정선 온도의 변화를 전체 패키지에 공급되는 와트 수로 나눈 것으로 이는 패키지의 방열 특성을 나타낸다는 점이다. 그런데 실제적으로는 4개의 칩이 병렬로 연결된 구조에서 이 열 저항 값은 의미가

없다. 즉 각각의 칩에는 와트 수가 1/4만큼씩만 공급되므로 식 (3)에 이 값을 적용하여 열 저항을 구하는 것이 의미가 있는 값이 된다.

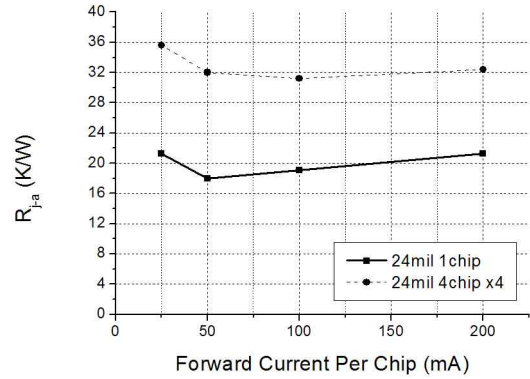


그림 10. 단일 칩과 4칩 패키지에서 LED 칩에 대한 열 저항 값 비교

Fig. 10. Comparison of thermal resistance value per chip

그림 10은 식 (3)에서 P값에 전체 와트 수가 아닌 칩 각각에 공급되는 와트 수인 P/4를 적용하여 구한 열 저항 값이다. 즉 그림 9가 단일 칩과 4칩 패키지에 대한 열 저항 값을 구한 것인데 비하여 그림 10은 각각의 칩에 대한 열 저항 값을 구한 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 개별 칩에 대한 열 저항 값은 4칩의 경우가 단일 칩에 비하여 더 높은 것으로 나타났다. 이는 식 (3)에서 4칩과 단일 칩에 동일한 크기의 와트가 공급된다고 하였을 때 그림 8에서 설명하였듯이 4칩의 경우가 정선 온도가 더 높게 형성되기 때문인 것으로 설명할 수 있다. 즉 동일한 종류의 LED 칩으로 단일 칩 패키지를 구성하는 경우에 비하여 4칩 패키지를 구성하면 모든 칩에 동일한 부하를 인가하는 조건에서 4칩 패키지의 경우가 열 저항이 더 높고 결과적으로 정선 온도가 더 높아짐을 의미한다. 이는 멀티 칩 패키지에서 칩의 배열 및 패키지 구조개선 등을 통하여 방열 특성을 향상시켜야 하는 필요성을 말해 주고 있다.

4. 결 론

멀티 칩 패키지에서 방열 특성의 변화를 살펴보기

위하여 단일 칩과 4칩 패키지를 제작하여 비교하였다. 순전압과 정선 온도 간의 관계를 이용하여 시간에 따른 정선 온도 변화를 측정하였으며 미분 구조 함수를 이용하여 정선에서 공기까지 LED 칩 각각에 대한 열 저항을 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 멀티 칩 패키지에서는 칩 각각에 대한 열 특성을 평가하는 것이 의미가 있다.
2. LED 칩 각각에 동일한 와트를 인가한 조건에서 4칩의 경우가 단일 칩에 비하여 정선 온도가 더 높게 측정되었다.
3. 같은 조건에서 정선에서 공기까지의 칩 각각에 대한 열 저항 값은 4칩 패키지의 경우가 단일 칩 패키지보다 더 높게 나타났다.

Acknowledgement

본 연구는 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력 양성사업으로 수행된 연구결과임.

References

[1] G. W. 't Hooft, and C. van Oudorp, "Temperature dependence of interface recombination and radiative recombination in (Al, Ga)As heterostructures", Applied Physics Letters, Vol. 42, pp.813-815, 1983.

[2] B. H. Liou, C. M. Chen, R. H. Horng, Y. C. Chiang, and D. S. Wu, "Improvement of thermal management of high-power GaN-based light-emitting diodes", Microelectronics Reliability, accepted 3 April, 2011.

[3] H. Dieker, C. Miesner, D. puttjer, B. Bachl, "Comparison of different LED packages", Proc. of SPIE, Vol. 6797, pp.679701:1-12, 2007.

[4] C. J. Weng, "Advanced thermal enhancement and management of LED packages", International Communications in Heat and Mass Transfer, 36, pp. 245-248, 2009.

[5] Y. W. Kim, J. P. Kim, J. B. Kim, M. S. Kim, J. M. Sim, S. B. Song and N. Hwang. "Thermal analysis of a package substrate with filling via-holes for COB LED packaging", IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies, Vol. 28, No. 1, pp.45-50, 2009.

[6] G. Farkas, Q. V. Vader, A. Poppe and G. Bogнар, "Thermal investigation of high power optical devices by transient testing", IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies, Vol. 28, No. 1, pp.45-50, 2005.

[7] H. Chen, Y. Lu, Y. Gao, H. Zhang and Z. Chen, "The performance of compact thermal models for LED package", Thermochimica Acta, 488, pp.33-38, 2009.

[8] J. C. Hsieh, D. T. W. Lin and C. H. Cheng, "Optimization of thermal management by integration of an SCGM, a finite-element method, and an experiment on a high-power LED array", IEEE Transactions on Electron Devices, Vol. 58, No. 4, pp.1141-1148, 2011.

[9] L. Kim and M. W. Shin, "Thermal resistance measurement of LED package with multichips", IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies, Vol. 30, No. 4, pp.632-636, 2007.

[10] S. I. Lee, J. K. Yang and D. H. Park, "Measurement of junction temperature in high power LED module with property analysis of single package", Journal of KIEEME, Vol. 23, No. 12, pp.973-977, 2010.

[11] S. Chhajed, Y. Xi, Y.-L. Li, Th. Gessmann and E. F. Schubert, "Influence of junction temperature on chromaticity and color-rendering properties of trichromatic white-light sources based on light-emitting diodes", Journal of Applied Physics, 97, 054506, 2005.

[12] A. Corfa, A. Gasse, S. Bernabe and H. Ribot, "Analytical and FEM simulations of the thermal spreading effect in LED modules and IR thermography validation", 11th. International Conference on Thermal, Mechanical and Multiphysics Simulation and Experiments in Micro-Electronics and Micro-Systems, pp.1-7, 2010.

[13] M. R. Rencz and V. Szekeley, "Measuring Partial Thermal Resistances in a Heat-Flow Path", IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies, Vol. 25, No. 4, December, 2002.

[14] P. F. Ji and C. H. Moon, "Influencing factors for thermal performance of high power LED", Journal of Information Display, to be published in Vol. 12, No. 4, 2011.

◆ 저자소개 ◆



김병호 (金昞豪)

1986년 12월 23일생. 2011년 호서대학교 디지털디스플레이공학과 졸업. 2011년~현재 동 대학원 석사과정.



문철희 (文喆熙)

1963년 12월 1일생. 1986년 서울대학교 금속공학과 졸업. 1988년 동 대학원 졸업(석사). 1992년 동 대학원 졸업(박사). 1995~1996년 미국 위스콘신 대학교 초청 연구원. 1996~2005년 삼성 SDI 근무. 2005년~현재 호서대학교 디지털디스플레이공학과 부교수.