

10W LED 조명 램프 방열 성능 수치해석

황순호*, 박상준*, 이영림*
*공주대학교 기계자동차공학부
e-mail:ylee@kongju.ac.kr

Numerical Analysis for Thermal Performance of a 10 Watt LED Lamp

Soon Ho Hwang, Sang Jun Park, Young Lim Lee*
*Division of Mechanical and Automotive Engineering, Kongju National University

요 약

신성장 동력 산업으로 분류된 LED 조명제품은 긴 수명과 고효율 에너지 제품으로 인해 많은 주목을 받고 있지만, LED 조명제품이 고출력화 될수록 정선온도가 증가하면서 수명 단축 및 출력 저하의 문제가 발생한다. 따라서, 본 연구에서는 조명등 정선온도의 최소화를 위한 방안을 도출하고 수치해석을 통해 방열 성능을 예측하였다. 또한, 10W 이상의 고출력인 경우 방열면적의 증가로 인한 조명등의 중량 증대가 문제시 되므로 경량화를 위한 방열해석도 수행하였다.

1. 서론

고효율 조명기기인 LED 조명 제품은 전력소비가 적을 뿐만 아니라 긴 수명으로 인해 환경 및 에너지에 대한 범국가적 문제 해결에 중요한 요소로 작용한다. 하지만 공급전력의 80~85%가 열로 변환되며, 발생된 열은 직접적으로 칩(chip)에 악영향을 끼쳐 광출력 효율 저감, 색온도 변이 및 전구 수명을 단축시킨다[1].

백열등 대체용으로 제작되는 3~10W급 LED 조명 기기 개발시 열저항과 복사를 통해 상승한 고온의 칩을 적정범위내로 낮추는 것이 중요하다. 온도와 밀접한 관계를 가지고 있는 LED 조명 제품의 효율을 증가시키기 위하여 방열면적 증가나 팬, 히트 파이프 및 액체 냉각 기술 등을 사용하여 온도를 감소시키고 있다. 하지만 방열면적 증가나, 고도의 기술을 적용시킬 경우 제품 단가가 상승하는 원인이 된다. 방열문제를 해결하기 위한 선행 연구로 Liu 등[2]은 마이크로 제트(micro jet)를 이용한 강제 냉각 기술 연구를 통해 LED 기판온도를 추가적으로 23°C감소시킬 수 있음을 보였다.

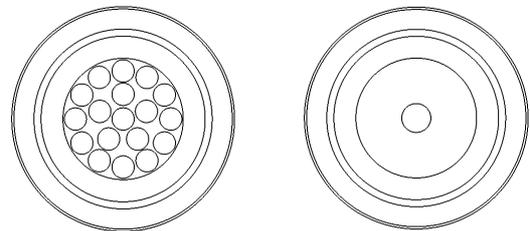
열저항의 크기에 의해 칩 온도에 영향을 미치는데 Chen[3]등은 칩과 MCPCB의 결합시 발생하는 저항과 junction 온도를 수치해석과 실험을 통해 비교해

보았다. 현재 LED 시장은 대부분의 경우 목표 출력을 위해 고출력 칩보다 다수의 저출력 칩을 선호하며, 출력에 따른 LED 조명기기의 칩 배치를 그림 1에 나타내었다.

동일 출력일 때 상대적으로 적은 개수의 칩을 사용할 경우 많은 수의 칩을 사용할 때보다 온도 증가하므로 수명이 단축되며 열적으로 불안정해진다.

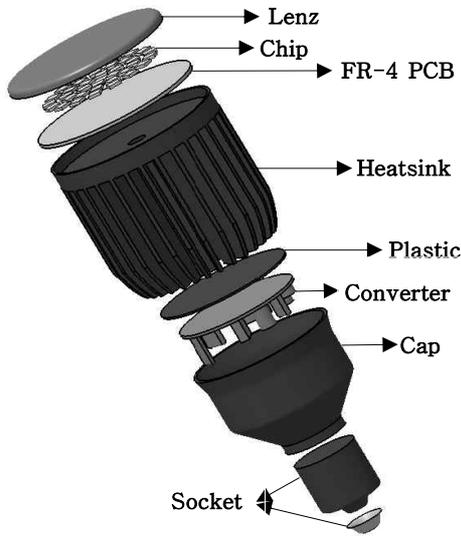
본 연구는 기존 10W 급 전구 타입 LED 램프를 이용하여 수치해석과 실험을 비교한 후 칩의 수를 증가시켜 수치해석을 이용해 동일 출력시 온도 변화를 비교해 보았다.

기존 FR-4 PCB를 MCPCB의 재질로 교체하였으며, 구조 및 형상 설계를 통해 정선온도를 낮추기 위한 해석을 실시하였다.



(a) 저출력 LED (b) 고출력 LED

[그림 1] 멀티칩과 단일칩 조명등



[그림 2] Compact 구성도

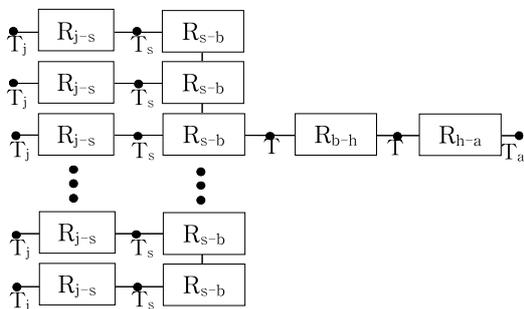
그림 2에 10 W LED 조명등의 구성도를 나타내었다.

2. 수치해석

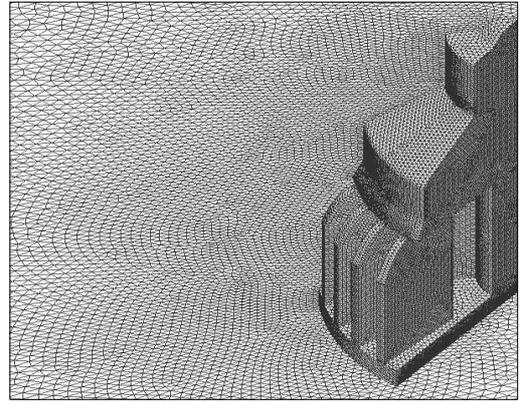
칩의 정선온도를 예측하기 위해 다음과 같은 1차원 열저항 모델을 사용하였으며 실제 3차원 수치해석 코드에서는 접촉저항을 이용하여 구현하였다. 입력 전력은 컨버터 저항 85%, 역률 95%, 열변환 80%로 가정하였다. 사용된 칩의 열저항은 SMD 타입으로 각각 160 °C/W를 가정하였다.

그림 3에 정선온도부터 주변온도까지 1차원 열저항 모델의 구성도를 나타내었으며, T는 온도, R은 열저항, j는 junction, s는 soldering point, b는 PCB, h는 heatsink, a는 ambient를 의미한다.

3차원 CFD 해석을 위해 3차원, 정상상태, 압축성 유체로 가정하였다. Rayleigh number를 이용해 자



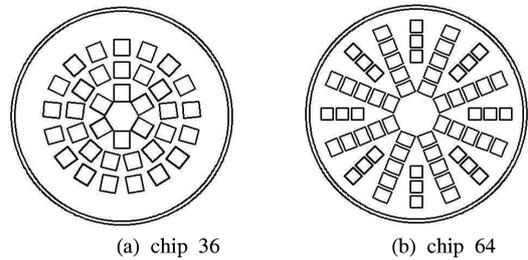
[그림 3] 1차원 열저항 모델



[그림 4] 격자 시스템

[표 1] 10W 조명기기 PCB 재질 및 칩 증가에 관한 해석

Model no.	Shape	chip no.	Additional modifications
1	shape 1	36	Baseline model
2	shape 1	36	MCPCB
3	shape 2	64	-



[그림 5] 36개와 64개 칩 배치

연대류에서의 층류 및 난류를 결정하며, 본 연구의 경우 층류유동으로 가정하였다.

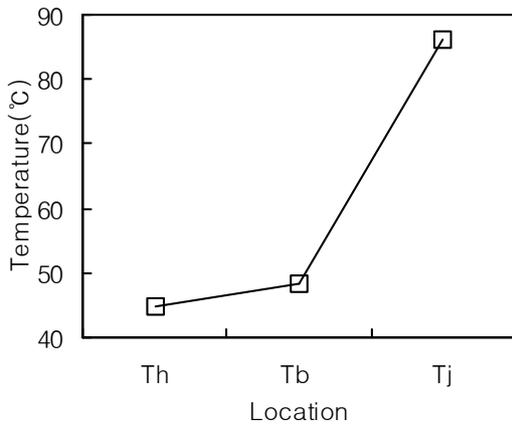
복사(radiation)를 고려하기 위해 DO(discrete ordinate)모델을 이용하였고 효율적인 격자 사용을 위해 1/8 모델을 이용하였다. 그림 4는 10W LED 조명기기 해석에 필요한 격자 시스템을 보여준다.

수치해석은 칩의 수 증가, PCB 재질 변경에 따른 정선온도를 예측 하였으며 표 1에 상세정보를 나타내었다. 칩 수 변경에 따른 배치는 그림 5에 나타내었으며, 3차원 모델링에 Catia[4], 3차원 CFD해석에는 상용프로그램인 Ansys CFX[5]를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 기존 제품의 방열성능 수치해석

그림 5에 위치에 따른 수치해석 온도를 나타내었다. 핀의 평균 온도는 44.7°C, PCB 온도는 48.4°C이며 정선 온도는 86.1°C를 나타냈다.



[그림 6] 위치에 따른 수치해석 온도

[표 2] 모델 변경에 따른 수치해석 온도

Model no.	T _h	T _b	T _j
2	44.9	45.2	72.0
3	44.8	45.1	60.2

수치해석을 통해 측정된 정선온도와 적외선 카메라 측정값과의 차이는 약 2.6% 정도 발생하는 것을 알 수 있었다.

3.2. 칩 개수에 따른 방열성능 최적화 설계

SMD 타입의 경우 칩의 최대 동작 온도가 110°C 이며, 이때 주변 환경을 고려해 정선 온도는 주변 온도 대비 65°C 이내에 위치해야 한다.

표 2에 수치해석을 통해 계산된 정선 온도를 나타내었다. 모든 해석시 주변온도 25°C를 고려하였으며, 출력과 핀형상은 동일하다.

Model 2와 model 3의 정선온도는 각각 72.0°C, 60.2°C로 예Cmr되었으며 두 경우 모두 model 1보다 정선온도를 16.4%, 30.1% 낮추는데 효과가 있었다. 이는 고열밀도로 인해 생기는 고온현상을 억제시키는데 칩의 수를 증가시키거나, 열전도도가 높은 PCB를 사용하는 것이 정선온도를 낮추는데 효과적임을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 기존제품의 수치해석과 칩의 개수 증가를 통한 최적설계를 수행하였다. 연구를 통한

얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) 동일 출력시 칩의 수를 증가시키거나 열전도율이 높은 PCB를 사용하는 방법으로 정선온도를 감소시킬 수 있다.
- 2) 정선온도는 동일 출력에서 칩의 개수를 증가시키면 약 16.4% 그리고 PCB의 재질을 FR-4에서 MCPCB로 바꿀 경우 약 30.1 % 감소하였다.

참고문헌

- [1] N. Narendran and Y. Gu, "Life of LED-based White Light Sources, Journal of Display Technology, Vol. 1, No. 1, pp. 167 - 70, 2005.
- [2] S. Liu, J. Yang, Z Gan and X. Luo, "Structural Optimization of a Microjet Based Cooling System for High Power LEDs," International Journal of Thermal Sciences, Vol. 47, pp. 1086 - 095, 2008.
- [3] Huanting Chen, Yijun Lu, Yulin Gao, Haibing Zhang, Zhong Chen, "The performance of compact thermal models for LED package", Thermochemica Acta, Volume 488, Issues 1-2, pp. 33-38, 5 May 2009,
- [4] Catia, V5R17, Dassault Systems, 2006.
- [5] Ansys version 11. Ansys Inc