

# 고출력 LED 조명기구의 급속 열확산 방열장치 개발

## Rapid Thermal Diffusion Devices Development of the High Power LED Lighting System

\*박재우<sup>1</sup>

\*J. W. Park(pjw7550@dreamwiz.com)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>경남정보대학 자동차과

Key words : Heat Spreader(Pipe), Heat Sink, Rapid Thermal Diffusion Devices

### 1. 서론

최근의 LED 산업은 조명 시장에 진출함으로써 조명용 광원으로써 기존의 조명용 램프와 경쟁하게 되었고 가격적인 면에서 아직은 열세이나 신뢰성 면에서 월등한 우위를 유지하고 있다. 기존의 백열전구의 수명 시간은 1,000~2,000시간, 형광램프의 수명 시간은 10,000시간 정도인 점을 비교하면 LED의 수명 시간은 100,000시간으로 비교할 수 없는 우수한 신뢰성을 갖고 있다. 하지만 이는 LED 소자의 신뢰성을 기준으로 한 것으로 LED 조명 제품의 신뢰성은 제품 규격에 50,000시간으로 표시되어 있으며 최근의 몇몇 제품은 50,000시간의 신뢰성을 나타내기도 한다. 비록 LED 소자의 신뢰성이 100,000시간일지라도 조명 제품으로서의 구동 환경(패키지 구조 및 재료) 및 조건에 따라서 신뢰성에 영향을 미치기 때문이다.

LED 신뢰성에 LED의 온도가 매우 중요하다. 그러면 LED의 온도를 어떻게 어디에서 측정할 것인가를 결정해야 한다. 그림 1에 LED 온도 측정 지점을 나타내고 있다. LED 칩이 램프형 또는 표면실장 형태로 패키지 되어 있는 상태에서 LED 칩 자체의 온도를 측정한다는 것은 불가능한 것으로 LED 칩이 다이 마운팅 되어 있는 리드 프레임의 온도를 측정하거나 LED 패키지가 장착된 보드의 온도를 측정하는 방법을 사용하고 있다. 온도의 측정은 열 센서 소자인 서미스터를 장착하여 전기적으로 실시간 감지하는 방법을 사용한다. 일반적으로 LED 패키지의 온도가 증가할수록 수명 시간은 감소하며, 보통 LED 패키지의 온도가 10°C 증가하면(40°C→50°C), 수명 시간은 절반 정도로(40,000시간→20,000시간) 감소한다고 볼 수 있다.

LED 조명에서 방열이 제대로 이루어지지 않는다면 광속 감소, 색온도 변화, 수명 단축, 기구 변형, 불쾌감 등을 일으킨다. 열이 났을 때, 효율이 감소했을 때 그 열을 어떻게 할 것이냐가 중요하다. 색 변화에 가장 중요하게 영향을 끼치는 것이 열이다.

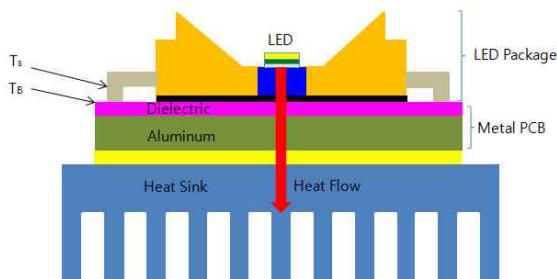


Fig. 1 LED 칩의 신뢰성 분석을 위한 온도 측정 지점  $T_s$ (리드프레임의 온도) 및  $T_B$ (시험보드의 온도)

열이 발생하는 기본적인 원리를 알고 설계에 중점을 두어야 한다. 열전달 과정을 이해해야만 열 방출을 효율적으로 이루어지게 할 수 있다. 열은 높은 곳에서 낮은 곳으로 전달되는데 이는 온도 차가 있어야 열이 전달되는 특성 때문이다. 또한 온도 차가 클수록 많은 열이 전달되며 전도, 대류, 복사의 특징을 이해하고 각 특성에 맞는 설계를 해야 한다. 전도 같은 경우 접촉된 상태가 달라지면 전도되는 양이 달라진다. 또한 내부 온도가 일정하다면 방사에 대한 부분을 걱정 안 해도 된다. 대류는 공기가 유동해야 열이 전달될 수 있다. LED 방열 시스템을 만들어 실험을 해 보면 열은 가운데 부분으로 집중되는 것을 알 수 있다. 이러한 특성을 이해하고 해결할 수 있는 방열장치를 개발 설치해야 한다. 똑같은 상태인데 열이 전달되는 상태가 달라질 수 있다. 이런 것을 생각하고 설계하는 것과 그냥 설계했을 때는 그 결과가 매우 달라질 수 있다. 따라서 해당 시스템에 가장 적합한 형태의 방열장치를 설계하는 것이 반드시 필요하다.

### 2. 급속 열확산 방열장치의 작동 원리

히트스프레드(Heat Spreader or Heat Pipe)는 작동유체가 응축부에서 증발부로 귀환하는 구동력에 따라 모세관식, 중력식, 회전식, 전자기력식 등 여러가지 Type이 있으며, 통상 히트스프레드는 여러 모양의 워크(Wick)이 삽입된 모세관식을 말한다.

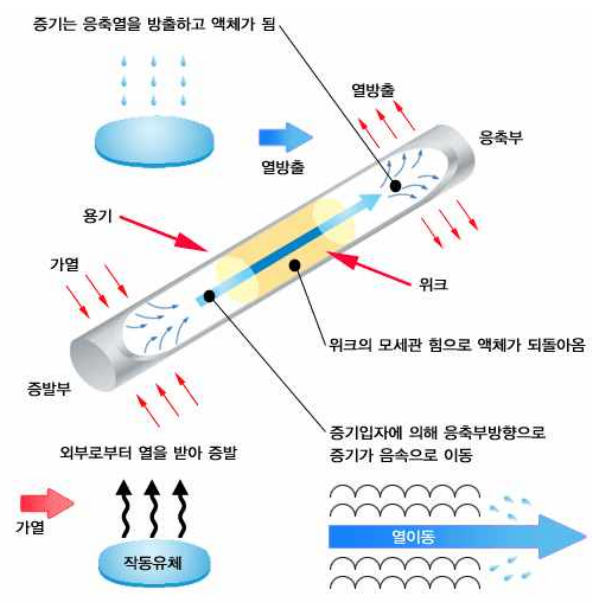


Fig. 2 Heat Spreader의 작동원리에 대한 도식도

패키지화된 50W이상의 고휘도/고출력 LED 칩은 높은 열로 인해 각종 조명기구에 적용하는데 애로점이 많다. 그림 3은 이러한 593문제점을 해결하기 위한 도식도를 나타낸 것이다.

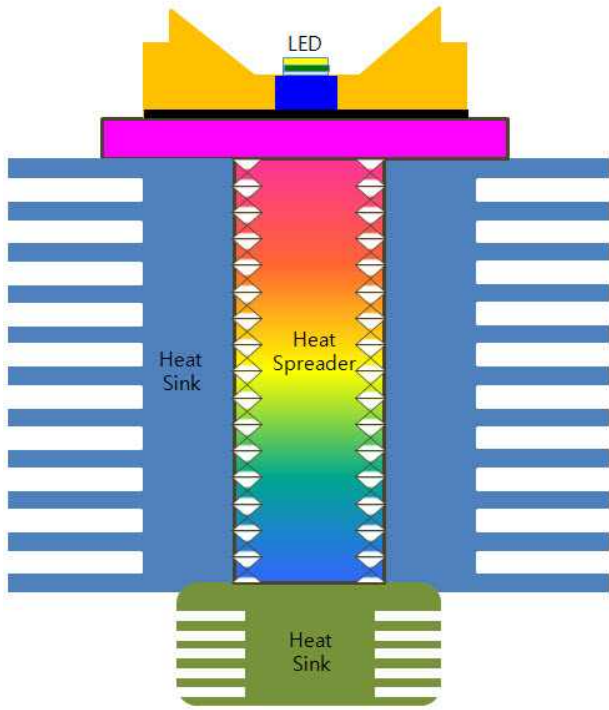


Fig. 3 급속 열확산 방열장치의 개념도

고휘도/고출력 LED 칩에서 발생된 열을 히트스프레드를 이용하여 급속하게 전달과 확산을 시켜서 히트싱크를 통해 열방사를 시키겠다는 전략이다. 우선 이러한 목적을 달성하기 위해서는 히트스프레드의 역할이 매우 중요하다. 히트스프레드 작동의 핵심 부품인 위은 응축부에서 증발부로 액체 상태의 작동 유체를 되돌려 보내는 내부의 모세관 구조물로서, 보통 메쉬(mesh) 또는 그루브(groove)의 형상을 가지는데, 이것은 액체의 표면 장력에 의한 모세관 현상을 일으킨다. 액체의 귀환에는 모세관 외에도 전자기력, 원심력, 삼투압, 혹은 중력 등을 이용할 수 있다. 사용목적에 따라 작동온도를 절대온도 0에 가까운 극저온부터 1,000℃ 이상의 초고온 영역까지의 온도범위를 5단계로 분류할 수 있다

표 1. 온도에 따른 작동 유체

작동온도(℃)	주요작동유체
-270 ~ -70 (극저온)	헬륨, 아르곤, 크립톤, 질소, 메탄
-70 ~ 200 (저온)	물, 프레온계 냉매, 암모니아, 아세톤, 메탄올, 에탄올 등
200 ~ 500 (중온)	나프탈렌, 유황, 수은
500 ~ 1000 (고온)	세슘, 칼륨, 나트륨
1,000 이상 (초고온)	리튬, 납, 은

### 3. 급속 열전달 방열장치의 열해석

80W급 고휘도/고출력 LED 산업등에 대한 방열 모듈 열해석은 Ansys V11 Workbench에서 수행하였으며, 해석 조건은 다음과 같다.

- 해석종류 : Steady-State Thermal Analysis
- 중심부 단면 대칭 조건
- 발열부 : 80W, 주변 온도 20 °C
- 외부면 대류 (22 °C, 5 w/m<sup>2</sup>.)
- 바닥면 (22 °C, 0 w/m<sup>2</sup>.)

- Aluminum 6063 Heat Sink
- 열 전도율 (Thermal Conductivity) : 200 w/m<sup>2</sup>. °C
- 비열 (Specific heat) : 900 J/Kg. °C
- 밀도 (Density) : 2770 kg/m<sup>3</sup>

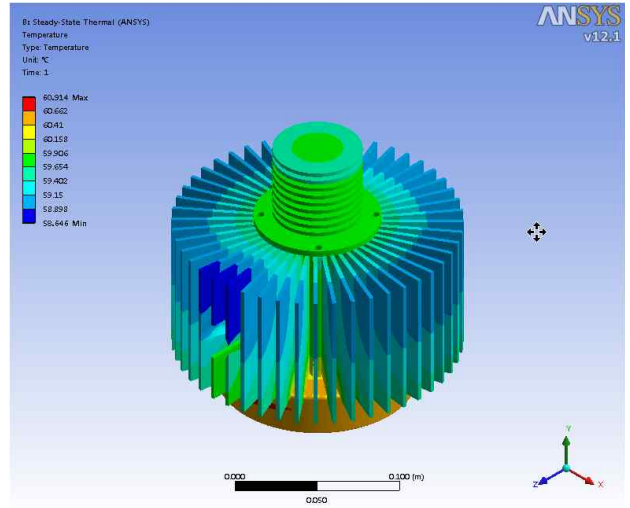


Fig. 4 80W급 고휘도/고출력 LED 산업등 열해석

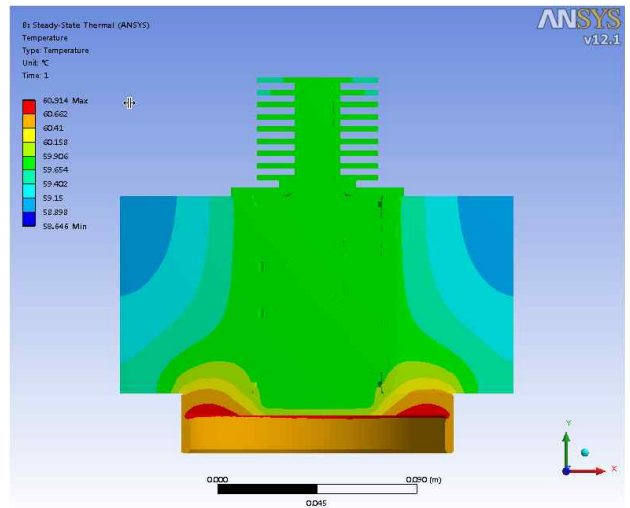


Fig. 5 80W급 고휘도/고출력 LED 산업등 열해석 결과-1

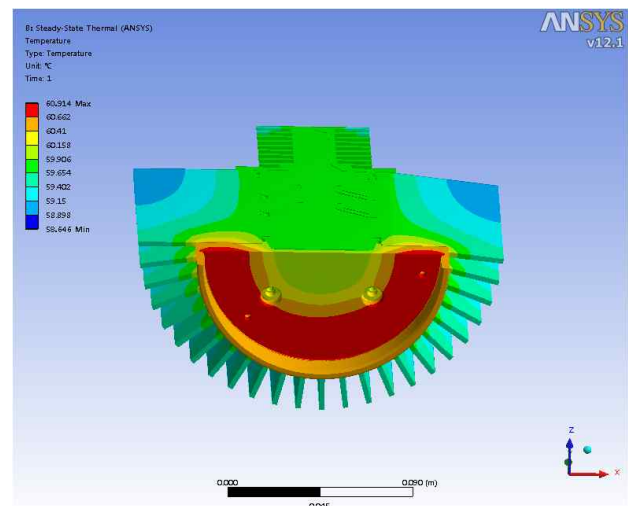


Fig. 6 80W급 고휘도/고출력 LED 산업등 열해석 결과-2