

# 직접 열방출형 방열판 설계 및 방열 소재 교체에 따른 단일칩 LED 패키지의 방열 특성

## Thermal Dissipation Properties of the Single-chip LED Package Attached with Directly Heat Dissipated Heat Sinks

\*#이광석<sup>1</sup>, 윤동현<sup>1</sup>, 권용남<sup>1</sup>, 배병규<sup>2</sup>, 윤병호<sup>2</sup>, 주문석<sup>2</sup>

#K.S. Lee(ksl1784@kims.re.kr)<sup>1</sup>, D.H. Yoon<sup>1</sup>, Y.N. Kwon<sup>1</sup>, B.K. Bae<sup>2</sup>, B.H. Yoon<sup>2</sup>, M.S. Joo<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>재료연구소 융합공정연구본부, <sup>2</sup>(주)썬웨이브

Key words : Light emitting diode (LED), Thermal resistance, Heat sink, Thermal analysis

### 1. 서론

발광다이오드(Light Emitting Diode, 이하 LED)는 반도체의 특성상 입력 에너지의 80% 전후가 열로 소모되고 있으며, 이 열은 칩의 접합 온도(junction temperature)를 크게 높이는 주요 원인이 되어 광효율을 저하시키고, 방출 광의 파장 변화로 변색 현상을 야기하며, 수명을 감소시키는 등 여러 가지 문제점을 야기하게 된다. 따라서 LED를 고휘도 조명으로 응용하기 위해서는 LED 패키지나 모듈을 보다 낮은 온도 조건에서 사용하여야 하며 이를 위해서는 발생하는 열을 주위로 단시간에 발산시켜야 하고, 열저항을 낮추어야 한다.

본 연구에서는 열저항 값을 낮추기 위해 열전도도가 높은 금속 합금 소재로 방열판을 설계함에 있어 접촉 면적을 크게 하고 열방출 연결 거리를 단축시키는 방식, 즉 직접 열방출형 방열판 개념을 도입하여 단일칩 THT (Through Hole Type) LED 패키지를 공학적으로 설계하여 열유동 유한요소 해석을 통해 그 유효성을 검증하고, 더불어 파워 인가 후 온도 상승에 의한 이종 소재간 접촉면의 박리 혹은 크랙 발생 등을 방지/지연시킬 수 있는 저열팽창 방열 소재를 적용하였을 경우 방열 효율을 유지하면서 열유기 변형 특성을 개선할 수 있는지 여부를 확인하고자 하였다.

### 2. 실험 및 해석 방법

본 해석에서 사용된 LED 조명의 실물 형상은 Fig. 1과 같고, 단일칩 패키지 부분만을 따로 3차원 모델링한 결과는 Fig. 2와 같다. LED 열 분포에 대한 유한요소 해석은 FloEFD 소프트웨어를 적용

하였다. 자연 대류 조건에서 외기 온도(ambient temperature)를 293 K로 두었고, 직접 열 방출형 방열판 유무 및 방열 소재 교체를 변수로 두었다. 파워 인가 후 온도 실측을 위한 단일칩 패키지의 열저항 측정은 T3ster (MicRed LTD)를 이용하였으며, 이 때 인가 전류는 120 mA였다.



Fig. 1 Main components of a LED package

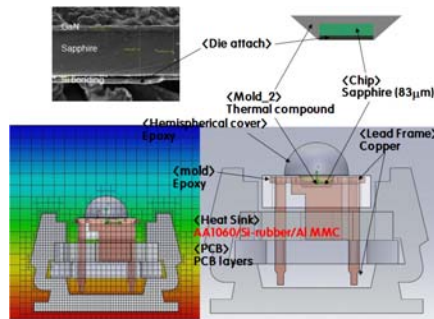


Fig. 2 FE-SEM image of the LED chip part and 3D modeling of single-chip LED package

### 3. 실험 및 해석 결과

Fig. 3은 0.3 W의 파워 인가 후 20분 뒤 온도 분포 해석 결과이다. 직접 열방출형 방열판 부착한 경우 접합 온도가 55.9 °C로, 직접 열방출형 방열판

이 없는 경우 접합 온도 86.4 °C 대비 30.5 °C 의 방열 효율 향상을 기대할 수 있으며, 이는 직접 열방출형 방열 개념의 우수성을 입증한다.

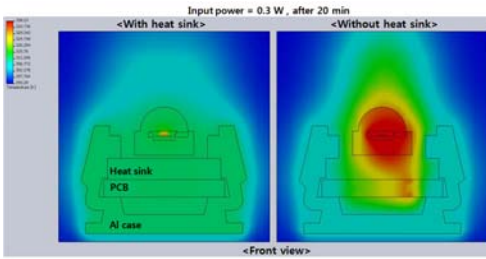


Fig. 3 Temperature distribution of the single-chip LED package with 0.3 W of input power

Fig. 4는 방열판 소재를 기존 AA1060 (X1) 및 Si계 고무(X2), 액상가압방식으로 제작한 Al 기지 복합재(A356/SiCp MMC, X3)로 변경하여, 0.3 W의 파워 인가 후 20분 뒤 온도 분포 해석 결과이다. 열전도도가 3 W/mK로 AA1060 (238 W/mK) 및 Al 기지 복합재 (117 W/mK) 대비 매우 낮은 실리콘계 고무의 경우, 접합 온도가 57.7 °C 로 매우 높게 예측되어 방열 소재로 적합하지 않다.

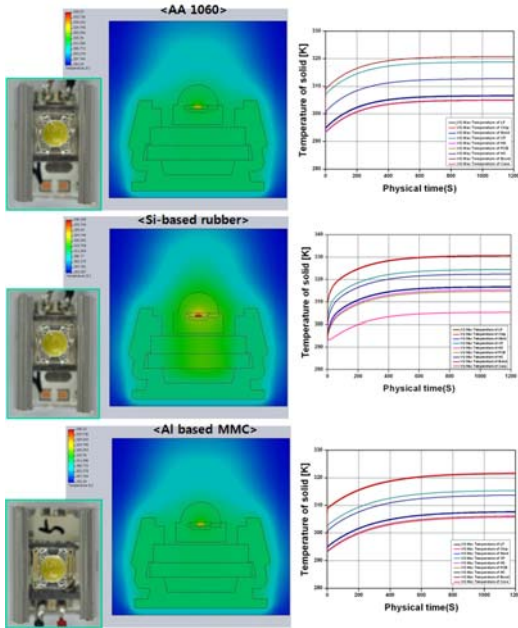


Fig. 4 Temperature distribution of the single-chip LED package with different heat sink materials

Fig. 5는 T3ster 적용 Fig. 4의 단일칩 LED 패키지

실사의 열저항 측정 결과이다. 칩에서 다이 접촉재까지의 부분 열저항( $R_{th,JS}$ )은 X2가 28.6 K/W로 가장 높고, X1이 13.1 K/W, X3가 11.4 K/W로 가장 낮게 측정되어, 리드프레임과 방열판의 직접 접촉에 의한 열 방출 효율은 Al기지 복합재가 가장 높음을 예측할 수 있다. 이는 접합 온도 해석 결과에서 발생한 경향과 일치한다. 단, 전체 열저항은 X3대비 X1이 12.3 K/W 가량 상당히 낮게 측정되었으며, 이는 Al 기지 복합재가 Al 케이스로의 열전도 능력이 AA 1050 대비해서 현격히 떨어지기 때문으로 판단되며, 이에 대한 개선이 요구된다. 또한 전체 열저항으로부터 역산한 접합 온도의 경우, X1이 37.2 °C, X2가 47.6 °C, X3가 42.2 °C 로 해석상의 접합 온도 대비 6~11 °C 낮았으며, 이는 해석 초기에 인가 파워의 80 %가 열손실로 쓰인다는 가정 대비, 실제 제작한 직접 열방출형 방열판 삽입 단일칩의 광효율이 20 %보다 더 높다는 의미로 해석 가능하다.

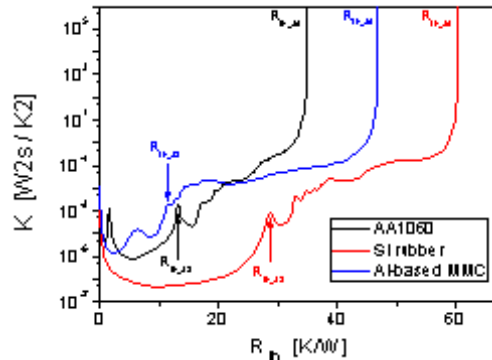


Fig. 5 Differential structure functions

#### 4. 결론

신개념 직접 열방출형 방열판 설계 후 삽입하여 LED 패키지의 열방출 특성을 30.5 °C 개선하였으며, Al 기지 복합재를 기존 AA 1050 방열판과 교체하여 열유동 해석 및 열저항 측정을 수행한 결과 칩과 다이 본딩재간의 국부 열저항 특성을 개선함을 확인하였다. 단 전체 패키지 열저항은 Al 케이스와의 열전달 특성 향상을 통한 개선의 여지가 있다.

#### 후기

본 연구는 지식경제부 산업핵심기술개발사업(과제번호 10032857)의 지원으로 수행되었습니다.