

임베딩 메탈에 의한 LED 방열 개선 방안

홍순관*, 남명우*
*해전대학교 전기과
e-mail:skhong@hj.ac.kr

LED Heat Dissipation Improvement by Embedding Metal

Soon-Kwan Hong*, Myungwoo Nam*
*Dept. of Electrical Engineering, Hyejeon College

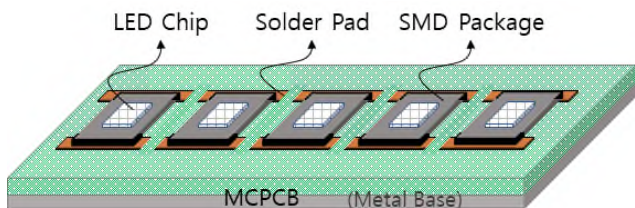
요약

LED 패키지의 방열성을 높이기 위해 임베딩 메탈로 새로운 열 방출 경로를 만드는 방법을 제안하였다. 본 연구에서는 LED 패키지의 Molding에 임베딩 메탈을 삽입하고 이를 Thermal Via를 이용해 Lead Frame 및 MCPCB와 연결하여 오른쪽 Lead Frame 및 Molding을 통한 방열 경로를 만들었다. LED 패키지의 방열성을 열 저항의 측면에서 평가하였다. 임베딩 메탈에 의한 열 방출 경로의 열 저항이 기존 열 저항의 4배 수준일 경우, 패키지 전체의 열 저항을 60 ~ 70% 수준으로 낮출 수 있으며, 그에 따른 방열성의 향상이 가능하였다.

1. LED 방열의 중요성

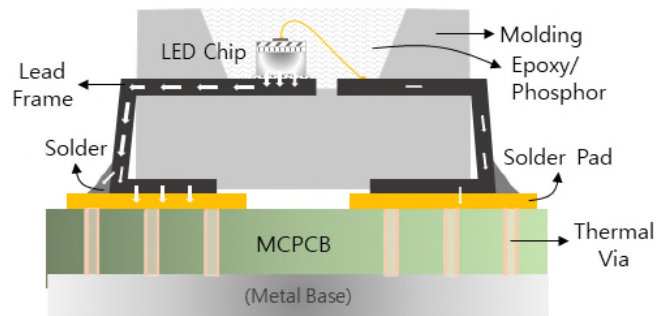
LED가 빛을 생성하는 과정에서 많은 열도 함께 발생한다. 빛이 생성되는 P-N 접합부의 온도는 LED의 발광 특성에 큰 영향을 미친다. 접합부의 온도가 높아지면 광효율이 급격히 떨어지고, 고온이 지속되면 LED의 수명이 짧아지고 렌즈나 Molding도 특성이 나빠진다.^{[1],[2]} 많이 사용되는 백색 LED의 경우, 고온으로 인해 형광체(Phosphor)가 변성되면, 백색광 자체가 변하는 문제도 생긴다.^[3]

따라서 방열은 LED의 성능을 결정하는 가장 큰 요소 중의 하나라고 할 수 있으며, LED의 방열성을 높이기 위해 소재의 개선, 방열판 등의 패키지 구조를 바꾸는 방법^{[4],[5]}, 열 저항(Thermal Resistance)을 줄이는 방법^[6] 등이 연구되고 있다. LED는 특히 조명 분야에서 많이 사용되며, 이 경우, 고전류에 의한 많은 발열을 해결하기 위해 [그림 1]과 같이 표면실장형 SMD 패키지를 만들고 방열성이 높은 Metal Core PCB(MCPCB)에 실장한다.

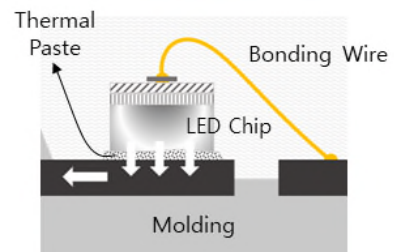


[그림 1] SMD LED의 실장

[그림 2(a)]는 SMD LED 패키지이고, [그림 2(b)]는 패키지에서 LED Chip 부분을 확대한 모습이다.



(a) SMD LED 패키지



(b) LED Chip 부분

[그림 2] SMD LED 패키지

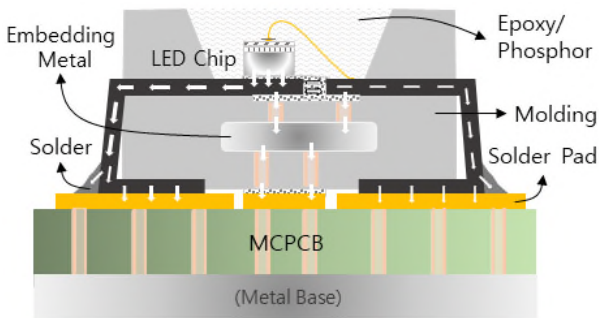
LED Chip은 Lead Frame에 접착되며, 방열성을 높이기 위해 열 저항이 적은 Thermal Paste가 사용된다.

LED Chip은 Bonding Wire를 통해 반대편의 Lead Frame과도 연결되어 있다. [그림 2]에 보인 LED 패키지의 주된 방열 경로는 Lead Frame의 왼쪽(LED Chip이 접착된 부분)으로, LED Chip → Lead Frame(왼쪽) → Solder/Solder Pad → MCPCB를 통하는 경로이다.

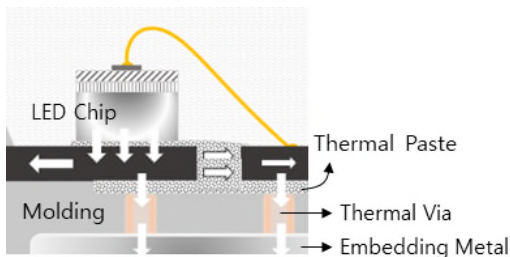
한편, Bonding Wire로 연결된 Lead Frame의 오른쪽은 LED Chip이 접착되어 있지 않기 때문에 방출 열량이 매우 적다. 즉, 왼쪽의 주된 방열 경로와 동일한 구조를 가지고 있음에도 방열에 효율적으로 활용되지 못하고 있다. 본 논문에서는 이러한 점에 착안하여 Lead Frame의 오른쪽을 LED 패키지의 방열에 활용하는 방안을 검토하였다.

2. 임베딩 메탈에 의한 방열성 개선

[그림 3(a)]는 본 연구에 따른 임베딩 메탈을 가진 SMD LED 패키지이고, [그림 3(b)]는 패키지에서 LED Chip 부분을 확대한 모습이다.



(a) SMD LED 패키지



(b) LED Chip 부분

[그림 3] 임베딩 메탈을 가진 SMD LED 패키지

[그림 3]의 LED 패키지는 Molding 부분에 메탈을 임베딩(Embedding)한 구조를 가지고 있다. 임베딩 메탈은 MCPCB에 사용되는 알루미늄과 같은 금속 소재를 Molding의 성형 과정에서 내장하여 제작한다. 임베딩 메탈은 Thermal Via를 통해 왼쪽과 오른쪽의 Lead Frame 및 MCPCB와 방열 경로를 연결하였다. LED 패키지의 오른쪽 Lead Frame은 LED Chip과 방열 경로를 연결하

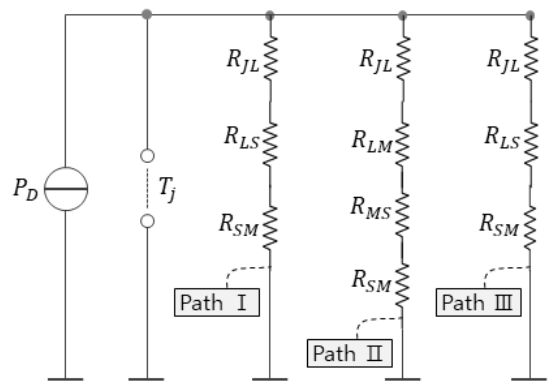
기 위해 [그림 3(b)]와 같이 Thermal Paste를 충전하였다. 그에 따라 [그림 3(a)]에 나타난 것처럼 오른쪽 Lead Frame을 통한 방열성이 향상된다(흰색 화살표). 또한 thermal Via를 통해 각 Lead Frame과 임베딩 메탈을 연결하였으며, 그에 따른 방열성의 향상도 이루어진다.

왼쪽 Lead Frame을 통한 방열 경로 상의 열 저항은 R_{JL} (P-N Junction-Lead Frame), R_{LS} (Lead Frame-Solder/Solder Pad), R_{SM} (Solder Pad-MCPCB)이다. 그러면 총 열 저항 $R_{th-all} = R_{JL} + R_{LS} + R_{SM}$ 이 된다. 오른쪽의 Lead Frame을 통한 방열 경로도 이와 같다. 다만 오른쪽 Lead Frame은 Thermal Paste를 통해 LED Chip과 방열 경로를 연결하였으므로 왼쪽의 경로보다 R_{JL} 이 더 크다. 나머지 열 저항 R_{LS} , R_{SM} 은 왼쪽의 방열 경로와 크기가 같다.

임베딩 메탈에 의한 방열 경로는 LED Chip → Lead Frame → Thermal Via → 임베딩 메탈 → Thermal Via → Solder Pad → MCPCB다. 이 방열 경로에는 R_{JL} 과 R_{SM} 외에 R_{LM} (Lead Frame-Embedding Metal), R_{MS} (Embedding Metal-Solder Pad)의 열 저항이 추가된다.

[그림 4]는 [그림 3]에 보인 SMD LED 패키지의 방열 경로에 존재하는 열 저항이다. 그림에서 'Path I'은 왼쪽 Lead Frame을 통한 방열 경로이고, 'Path II'는 임베딩 메탈을 통한 방열 경로, 'Path III'는 오른쪽 Lead Frame을 통한 방열이다.

[그림 2]에 보인 종래의 SMD LED 패키지는 'Path I'만이 있었으나, 임베딩 메탈에 'Path II'와 오른쪽 Lead Frame에 의한 'Path III'의 방열 경로가 추가되었다. 그림 4에서 ' P_D '는 LED에 가해지는 전력이고, ' T_j '는 LED P-N 접합의 온도이다.

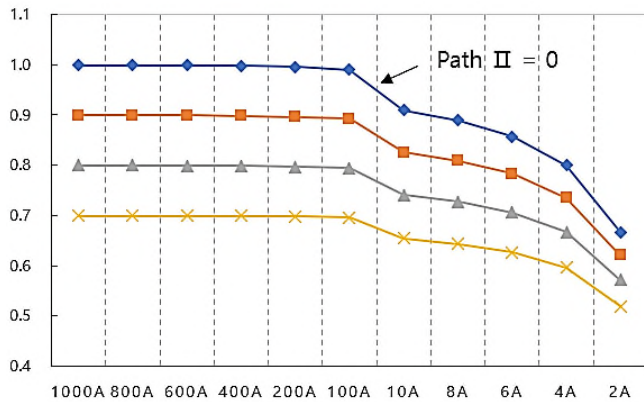


[그림 4] 임베딩 메탈을 가진 SMD LED 패키지의 열 저항

열 저항은 전기 저항과 비슷하게 직렬로 연결되면 합성 저항값이 커지고 병렬로 연결되면 작아진다. [그림 3]

의 SMD LED 패키지는 기존의 'Path I'과 병렬로 연결되는 'Path II' 및 'Path III'의 열 저항이 더해진다. 따라서 SMD LED 패키지 전체의 열 저항은 크게 줄어든다.

[그림 5]는 'Path II' 및 'Path III'의 열 저항에 따른 SMD LED 패키지 전체의 열 저항 변화이다. 그림에서 Y축은 전체 열 저항을 나타내고, X축은 병렬로 연결된 'Path II' 및 'Path III'의 합성 열 저항과 'Path I'의 열 저항의 비율이다. 예를 들어 '10A'는 'Path II' 및 'Path III'의 합성 열 저항이 'Path I'의 열 저항에 비해 10배임을 나타낸다.



[그림 5] 임베딩 메탈에 의한 전체 열 저항의 변화

[그림 5]에서 각각의 그래프는 'Path II'의 열 저항이 'Path I'의 열 저항과 병렬로 연결됨에 따른 합성 열 저항의 변화이다. 그림에서 'Path II = 0'은 'Path II'의 열 저항이 없는 경우이다. 실제로는 'Path II'의 열 저항이 존재하므로 'Path I'의 합성 열 저항은 감소된다. [그림 5]를 살펴보면, 'Path II' 및 'Path III'의 합성 열 저항의 비율이 줄어들에 따라 SMD LED 패키지 전체의 열 저항이 감소함을 알 수 있다. 이는 LED 패키지의 방열성이 향상됨을 나타낸다. 특히 합성 열 저항의 비율이 '10' 이하가 될 때 LED 패키지 전체의 열 저항이 급격히 줄어들고 있다.

3. 결 론

SMD LED 패키지의 방열성을 높이기 위해 임베딩 메탈을 이용하여 새로운 열 방출 경로를 만드는 방법을 제안하였다. LED 패키지의 안쪽에 금속 소재를 내장(임베딩 메탈)하고, Thermal Via를 통해 Lead Frame 및 MCPCB와 방열 경로를 연결하였다. 이렇게 하면 오른쪽 Lead Frame 및 Molding을 통한 방열 경로가 생기고 그에 따른 열 저항이 생성된다. 생성된 열 저항은 기존의 열 방출 경로에 따른 열 저항과 병렬 관계를 가지므로

LED 패키지 전체의 열 저항을 크게 줄일 수 있으며, 그 결과로 LED 패키지의 방열성이 향상된다.

참고문헌

- [1] 김문정, “알루미늄 양극산화를 사용한 LED COB 패키지”, 한국산학기술학회지, 제13권 제10호, 2012
- [2] 홍순관, “초보자를 위한 LED 가이드북 Easy LED”, 한빛아카데미, 2017
- [3] 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”, Microelectron. Reliab. 52, 861, 2012.
- [4] 문철희, “고 출력, 멀티 칩 LED 벌브에서 방열 거동 해석”, 대한금속·재료학회지, 제56권 제3호, 2018
- [5] T. M. Chang, F. H. Chen, M. Y. Chen, and Y. C. Sermon Wu, “Reducing the Thermal Resistance of LED Die-Attach Material Using Ni-Coated Diamond Mixed with Sn-3 wt%Ag-0.5wt%Cu Solder”, ECS Journal of Solid State Science and Technology, Vol. 4, No. 9, 2015
- [6] K. S. Yang, C. H. Chung, C. C. Wong, T. Y. Yang, M. T. Lee, “Thermal spreading resistance characteristics of a high power light emitting diode module”, Applied Thermal Engineering, Vol. 70, Issue 1, 2014