

PCB 구조와 via hole 구성에 따른 LED 패키지의 열적 광학적 특성 분석

이세일, 이승민, 양종경, 박형준, 박대희
원광대학교

The Analysis of Thermal & Optical Properties in LED Package by the PCB structure and via hole formation

Se-Il Lee, Seung-Min Lee, Jong-Kyung Yang, Hyung-Jun Park and Dae-Hee Park
Wonkwang University

Abstract : 대부분의 반도체 소자의 고장 원인은 85%정도가 열로 인한 것이며, 고출력 LED는 인가된 에너지의 20%정도의 광으로 출력되며 나머지 80%가 열로 전환된다. 본 논문에서는 PMS-50과 KEITHLEY 2430을 이용하여 PCB 구조와 Via hole 구성에 따른 LED 패키지의 열적 광학적 특성을 분석하였다. 0.6mm의 Via hole을 가진 FR4 PCB의 열특성이 가장 우수하였으며, Via hole 0.6mm FR4 PCB의 경우 McPCB에 상응하는 광출력 특성을 보였다.

Key Words : HP LED, Thermal resistance, Junction Temperature, PCB

1. 서론

최근 LED는 표시등, LCD 백라이트, 헤드라이트 등 조명으로 그 수요가 급속히 증가하고 있으며, 높은 광출력을 위해 인가 전류 또한 증가하고 있다. 따라서 인가전류에 따른 다양한 종류의 LED PKG가 개발되고 있다[1]. 대부분의 반도체소자의 고장원인은 85 [%]정도가 열로 인한 것이며[2,3], 고출력 LED의 경우 인가된 에너지에 대해 통상적으로 20%정도의 광출력과 80 [%] 정도의 열로 전환되며, 그 열에 의한 문제로 인해 고출력 LED의 수명 저하 및 광출력에 직접적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있다[4-5]. 특히, LED의 접합온도는 LED 패키지의 열적 성능에 크게 영향을 미치며, 광 출력 또한 접합온도와 밀접한 관련이 있다. 접합온도의 증가는 PN 접합 부분에서 생성된 열이 외부로 원활하게 방출되는 것을 저하시키고, 칩 내부에 남은 열이 전자와 정공의 비발광 재결합을 증가시켜 LED의 신뢰성과 내구성에 큰 영향을 미친다[6-7].

따라서 본 연구에서는 고가인 McPCB(Metal core PCB)보다 열전도도가 낮은 FR4 PCB에 Via hole을 형성함으로써 그 성능을 개선하고자 하였다.

2. 실험

2.1 실험장치

본 논문에서는 적분구 PMS-50과 KEITHLEY 2430을 이용하여 실험 장치를 구성하였으며, 적분구를 사용하여 LED 패키지의 광학적 특성을 측정하였으며, KEITHLEY 2430을 통해 350 [mA]의 정전류를 인가함으로써 전기적 특성을 측정하였다.

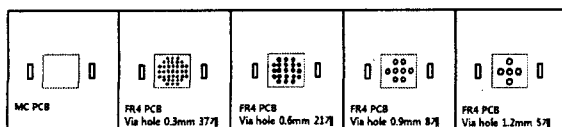
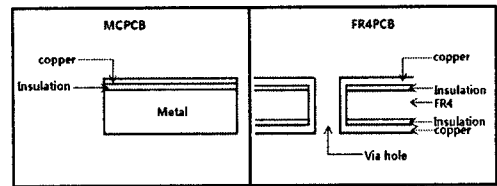


그림 1. 다른 형태의 PCB 구성.

LED의 경우 칩생성 과정의 제약으로 인해 소자별 전기적 특성이 다르기 때문에 하나의 LED PKG를 사용해 각각의 PCB모델에 적용하였다.

그림 1은 실험에 사용된 샘플로서 MC PCB와 FR4 PCB를 나타내며 FR4 PCB의 via hole은 0.3mm 37개, 0.6mm 23개, 0.9mm 8개, 1.2mm 5개로 구성하였다.



(A)McPCB (B)FR4 PCB

그림2. PCB 구조

그림 2의 (A)는 McPCB의 단면을 나타내며 (B)는 FR4 PCB의 구조를 나타내고 있다.

2.2 열 저항

고출력 LED를 포함한 반도체 소자의 열 저항은 식 (1)과 같이 정의할 수 있다.

$$R_{\theta JX} = \frac{T_J - T_X}{P_H} \quad (1)$$

T_J 는 안정 상태의 접합부분의 온도를 나타내며, T_X 는 반도체 디바이스의 외부 온도, 그리고 P_H 는 디바이스에 인가되는 전기적 에너지를 나타낸다. 따라서 열 저항 $R_{\theta JX}$ 는 접합온도와 외부에서의 온도차와 인가되어지는 전기적 에너지의 비율을 나타내며 단위는 [$^{\circ}\text{C}/\text{W}$]이다.

안정상태의 접합부분의 온도 T_J 는 식(2)와 같이 정의할 수 있다.

$$T_J = T_{JO} + \Delta T_J \quad (2)$$

여기서 T_{j0} 는 디바이스에 전기적 에너지를 인가하기 전의 접합온도를 나타내고, 인가된 전기적 에너지에 의해 변화된 접합부분의 온도를 ΔT_j 로 나타내며, 단위는 [°C]로 나타낸다.

식(3)은 변화된 접합부분의 온도 ΔT_j 를 나타낸다.

$$T_j = K \times \Delta TSP \quad (3)$$

ΔTSP 는 순방향 전압차이를 나타내며 K 는 순방향 전압과 소자의 온도에 따른 일정한 비례관계의 기울기를 나타낸다.

2.3 실험결과 및 고찰

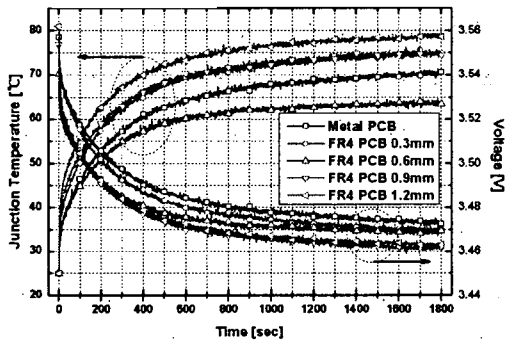


그림3. 시간에 따른 전압변화와 접합온도 특성

그림 3은 시간에 따른 전압변화와 접합온도 특성을 나타낸 것으로 식 (3)과 (2)를 통하여 그 특성을 확인하였다. 접합온도는 Via hole 0.6 [mm]에서 63.4 [°C]로 가장 낮은 온도 특성을 보였으며, Via hole 1.2 [mm]는 78.6 [°C]로 가장 높은 온도특성을 나타내었다.

전체적인 접합온도 특성은 FR4 0.6 [mm]에서 가장 우수한 특성을 나타내었다. 실제 Via hole의 Copper 면적을 계산한 결과 0.6 [mm]의 경우 0.445×10^{-9} [m²], 0.3 [mm]은 0.392×10^{-9} [m²], 0.9 [mm]은 0.254×10^{-9} [m²], 1.2은 0.212×10^{-9} [m²]의 값을 나타내었다.

따라서 Via hole을 사용한 FR4 PCB의 경우 LED PKG의 열이 Via hole의 Copper 표면적 증가를 통해 전도 특성이 개선됨을 알 수 있었다.

즉, 기존의 McPCB의 경우는 Al의 Metal로 인해 FR4 PCB 보다 좋은 열전달 특성을 보이지만, FR4에 Via hole 생성함으로써 Copper 표면적 증가로 McPCB에 상응하는 특성을 보일 수 있었으며, 오히려 FR4 0.6 [mm]의 Via hole에서 가장 우수한 특성을 나타내었다.

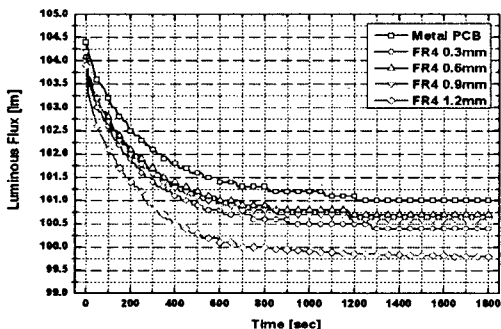


그림4. 광속유지율

그림 4는 LED PKG에 soldering으로 인한 열적 스트레스로 LED소자의 초기 광학적 특성을 고려하여 광 특성에서는 정규화한 결과로 1,300초 이후에 안정화 특성을 나타냈다. 광학적 특성의 경우 역시 via hole의 copper면적에 비례하였으며 FR4 0.6 [mm]의 경우 McPCB의 특성이 동일하게 나타났다. 시간에 따라 광속유지율의 경우 지속적으로 감소됨을 확인 할 수 있었다. 이는 PN접합 부분에서 생성된 열에 의해 포논의 생성을 감소시키고 포논의 생성을 증가시켜 비발광 재결합으로 인해 LED의 효율에 영향을 미치는 것임을 알 수 있다.

3. 결론

PCB구조와 Via hole에 따른 열적 광학적 특성을 분석하였다. FR4 PCB에 Via hole을 형성하면 Via hole에 둘러있는 Copper의 면적에 따라 열특성이 선형적으로 감소하였다. 또한 MC PCB에 비하여 Copper를 따라 직접적으로 heat sink에 열전달이 되어 Via hole 0.6 [mm]의 경우 열전달 속도가 가장 우수했으며, 또 FR4 PCB 0.6 [mm]에서 MC PCB와 동일한 광특성을 보였다.

감사의 글

본 논문은 에너지관리공단 주관 “에너지·자원기술 개발 사업” 과 경기지방 중소기업청에서 주관하는 “중소기업 기술혁신 개발사업”에 의해 지원 되었습니다.

참고 문헌

- [1] Mehmet Arik, Charles Becker, Stanton Weaver, and James Petroski, "Thermal management of LEDs: 패키지 to system", Proc. SPIE5187, 64(2004).
- [2] Brombacher, A. C., Reliability of Design-CAE Techniques for Electronic components and Systems, Microelectronics and Reliability, Volume 32, Issue7, July 1992, Pages 1046-1048
- [3] J. D. G. Lacey, D. V. Moran, Y. H. Aliyu AND H. Thomas. Qual. Reliab. Engng. 16, 45, (2000)
- [4] J. Hu, L. Yang, W. J. Hwang, and M. W. Shin, "Thermal and mechanical analysis of delamination in GaN-based light-emitting diode package", J.Cryst. Growth, Vol. 288, no. 1, pp. 157-161, Feb. 2006
- [5] J. Hu, L. Yang, and M. W. Shin, " Mechanism and thermal effect of delamination in light-emitting diode package", Microelectron. J., Vol. 38, no. 2, pp. 157-163, Feb. 2007.
- [6] S. L. Chuang, "Kinetic model for degradation of light-emitting diodes", IEEE J. Quant. Electron., Vol. 33, no. 6, PP. 970-979, Jun. 1997.
- [7] Y. M. Noor, S. C. Tam, L. E. N. Lim, and S. Jana, "review of the Nd: YAG laser marking of plastic and ceramic IC package", J. Mater. Process. Technol., Vol. 42, no. 1, pp. 95-33, Apr. 1994.