

알루미늄 양극산화를 사용한 LED COB 패키지

김문정*

¹공주대학교 전기전자제어공학부

LED COB Package Using Aluminum Anodization

Moonjung Kim^{1*}

¹Division of Electrical Electronics and Control Engineering,
Kongju National University

요 약 알루미늄 기판 및 양극산화 공정을 사용하여 LED Chip on Board(COB) 패키지를 제작하였다. 선택적 양극산화 공정을 적용하여 알루미늄 기판 상에 알루미늄을 형성하고 이를 COB 패키지 절연층으로 사용하였으며, 비아 홀 내부가 충전된 구조의 Thermal Via를 구현하였다. 패키지 기판 종류에 따른 열저항 및 발광효율 변화를 파악하기 위해 알루미늄 기판과 알루미늄 기판을 제작하고 이를 각각 비교 분석하였다. Thermal Via가 적용된 알루미늄 기판이 51%의 열저항 개선 및 14%의 발광효율 향상 특성을 보여주었다. 이러한 결과는 선택적 양극산화 공정 및 Thermal Via 구조적용으로 COB 패키지의 방열 특성이 향상되었음을 의미한다. 또한 동일한 전력 소모시 LED 칩 개수에 따른 COB 패키지의 열저항 및 발광효율 변화를 분석함으로써 다수 칩의 효율적인 배치가 열저항 및 발광효율을 증가시킬 수 있음을 확인하였다.

Abstract LED chip on board(COB) package has been fabricated using aluminum substrate and aluminum anodization process. An alumina layer, used as a dielectric in COB substrate, is produced on aluminum substrate by selective anodization process. Also, selective anodization process makes it possible to construct a thermal via with a fully-filled via hole. Two types of the COB package are fabricated in order to analyze the effects of their substrate types on thermal resistivity and luminous efficiency. The aluminum substrate with the thermal via shows more improved measurement results compared with the alumina substrate. These results demonstrate that selective anodization process and thermal via can increase heat dissipation of COB package in this work. In addition, it is proved experimentally that these parameters also can be enhanced using efficient layout of multiple chip in the COB package.

Key Words : Aluminum Anodization, LED, Package, Thermal Resistance, Luminous Efficiency

1. 서론

일반적인 LED 패키지는 내부에 LED 칩을 실장하고 칩과 리드(Lead)를 연결하며, 인쇄회로기판(PCB : Printed Circuit Board) 또는 방열기판에 부착이 가능하도록 제조된 광소자이다. LED 패키지는 입력 에너지의 약 70 ~ 80% 이상이 열 손실로 변환되며, 이로 인한 LED 칩의 온도 상승은 단기적으로는 발광효율의 저하와 장기

적으로는 칩의 수명 감소를 유발한다. 또한 최근 고출력 조명용 및 중대형 백라이트용 LED는 수 암페어(A)급 이상의 높은 전류를 사용함에 따라 우수한 방열 특성을 요구하고 있다. 따라서 LED 칩에서 발생하는 열을 효과적으로 방출하는 위해 LED 패키지에 Heatsink를 부착하거나 패키지 기판으로 Metal-Core PCB(MCPCB)을 사용하여 열저항을 최소화하기도 한다.

최근 LED 패키지의 방열 특성 향상 방안으로 금속산

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No. 2010-0004151).

*Corresponding Author : Moonjung Kim

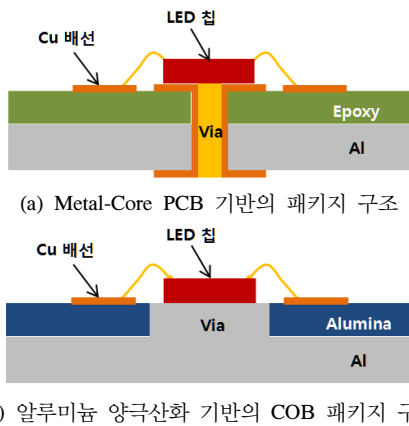
Tel: +82-10-9822-9288 email: mjkim@kongju.ac.kr

접수일 12년 07월 24일

수정일 (1차 12년 08월 14일, 2차 12년 08월 17일)

게재확정일 12년 10월 11일

화물 절연층 기반의 MCPCB와 COB 구조의 조합[1], LED 칩과 금속 사이의 절연층을 부분 제거한 COB 구조 [2], 열전도도가 우수한 알루미늄을 적용한 패키지 기판 구조 [3] 등의 기술이 사용되고 있다. COB 패키지는 열전달 경로를 최소화하여 LED 패키지의 열저항을 개선한다. 방열 특성이 우수한 기판 상에 LED 칩을 직접 실장하여 패키지와 PCB를 일체화함으로써, 열전달 경로를 단축시켜서 열저항을 개선할 수 있다. 본 논문에서는 열전도도가 높은 알루미늄 및 알루미늄을 사용하여 LED COB 패키지를 제작하였으며, 방열 특성 개선을 위한 패키지 기판 구조 및 LED 칩 배치에 대한 연구를 진행하였다.



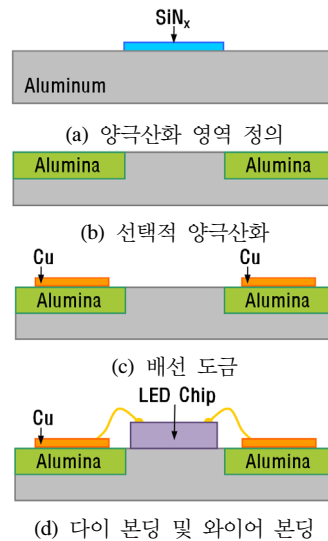
[그림 1] LED 패키지 구조
[Fig. 1] LED package structure

2. COB 패키지 구조

본 연구에서는 알루미늄 양극산화 공정을 통해 형성되는 알루미늄 산화물(Al_2O_3)을 절연체로 사용하고 MCPCB를 구현하여 이를 COB 패키지 기판으로 사용하였다. 그림 1(a)는 기존 MCPCB 기반의 LED 패키지 구조인 반면에 그림 1(b)는 에폭시 절연층을 알루미늄 산화물(Al_2O_3)으로 대체한 COB 패키지 구조를 보여주고 있다. 기존 MCPCB의 유전체는 방열 특성에 제한이 있는 에폭시($0.4 \text{ W/m}\cdot\text{K}$)인 반면에 신규 구조는 열전도도가 높은 알루미늄($30 \text{ W/m}\cdot\text{K}$)을 적용하였다. 또한 알루미늄 양극산화 공정만으로 알루미늄/알루미늄의 적층이 가능하여 기존 제조과정 상의 Lamination 공정이 필요 없는 장점을 가진다.

PCB 상의 Via Hole 수 및 배열 면적에 따른 패키지 방열 특성 향상 [4], Via Hole 크기와 개수에 따른 패키지 접합 온도 향상 [5] 등의 Thermal Via 적용을 통해서

LED 패키지의 방열 특성을 개선한 연구 결과가 최근 보고되었다. 그러나 기존 PCB 및 MCPCB 구조에서는 기계적 드릴링 및 구리 도금의 복잡한 공정을 통해 비아가 형성되는 반면에 본 논문의 COB 패키지 구조에서는 선택적 양극산화 공정을 통해 비아가 형성된다. 또한 기존 구조와는 달리 비아홀 내부가 알루미늄으로 완전히 채워진 형태이므로 방열 특성을 추가적으로 개선할 수 있는 장점을 가진다.

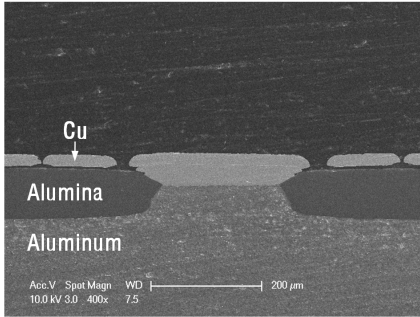


[그림 2] LED COB 패키지 제작 공정
[Fig. 2] Fabrication process step of LED COB package

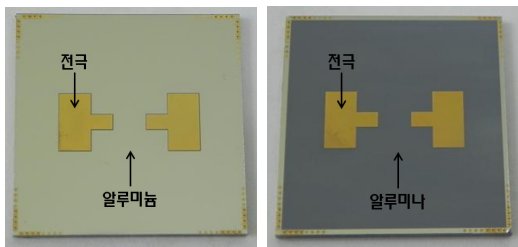
3. COB 패키지 제작 및 측정

그림 2는 알루미늄 양극산화 공정을 사용한 COB 패키지 제작 공정 순서도를 보여주고 있다. 그림 2(a)에서 보듯이 알루미늄 기판 상에 실리콘 질화막(SiN_x)을 사용하여 양극산화 영역을 선택적으로 정의한다. 다음으로 그림 2(b)와 같이 양극산화 공정을 통해 정의된 영역에 알루미늄을 형성한다. 옥살산을 사용한 전해 용액에서 알루미늄은 양극산화되어 두꺼운 알루미늄 산화막(알루미나)을 형성한다. 이어서 그림 2(c)와 같이 Cu/Ni/Au 도금 공정을 사용하여 COB 패키지 기판에 배선을 형성한다. 마지막으로 다이 본딩을 통해 LED 칩을 부착하고 와이어 본딩을 진행하여 패키지 제작을 완료한다. 그림 2(d)에서 보듯이 배선 영역은 절연성이 확보된 알루미나 상에서 구현되며, LED 칩은 알루미늄 소재의 Thermal Via 위에 배치되어 칩에서 발생한 열이 직접적으로 기판에 전달되

도록 설계하였다. 그림 3은 알루미늄 양극산화로 형성된 알루미늄의 단면 SEM 사진을 보여준다. 형성된 알루미늄의 두께는 대략 100 μm 수준이다.



[그림 3] 패키지 기판의 단면 SEM 사진
[Fig. 3] Cross sectional SEM photograph of package substrate

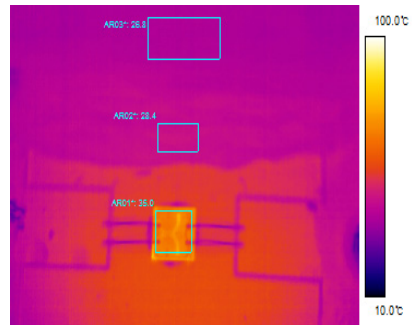


(a) 알루미늄 기판 (b) 알루미나 기판
[그림 4] 제작 완료된 COB 패키지 기판
[Fig. 4] Fabricated COB package substrates

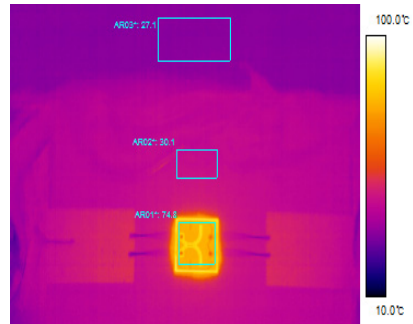
4. COB 패키지 특성 분석

본 연구에서는 패키지 기판 종류에 따른 열저항 차이가 LED 광량에 미치는 영향을 분석하기 위해 두 종류의 COB 패키지 기판(알루미늄 기판 및 알루미나 기판)을 제작하였다. 그림 4는 각각의 COB 패키지 기판 종류를 보여주고 있으며 기판의 크기는 20×20mm²이다. 알루미늄 기판은 선택적 양극산화 공정을 통해 전극 패턴 영역에 알루미늄을 형성한 기판 구조인 반면에 알루미나 기판은 기판 전면을 양극산화하여 기판 전체에 알루미나층을 형성하였다. 즉 알루미늄 기판과 알루미나 기판은 양극산화 영역의 차이로 구별된다. 알루미늄 기판은 선택적 양극산화 공정을 통하여 Thermal Via 구조가 구현된 상태이며, 따라서 실장되는 LED 칩은 알루미늄 상에 배치된다. 그러나 알루미나 기판의 경우 LED 칩은 알루미나 위에 실장된다.

기판 제작 완료 후, 패키지 공정에서 기판 크기(14×8 mm²)를 조정하고 기판 상에 1.0 W LED 칩(1×1 mm²)을 배치하고 다이 본딩 및 와이어 본딩을 진행하였다. 제작 완료한 두 종류의 LED COB 패키지를 동일한 측정 환경 및 조건에서 비교 분석하였다. 열저항 측정을 위해 1.0 W 소비전력 구동 상태에서 20분 이상 경과 후, LED 칩 및 COB 패키지 기판을 적외선 카메라로 촬영하였다.



(a) 알루미늄 기판



(b) 알루미나 기판

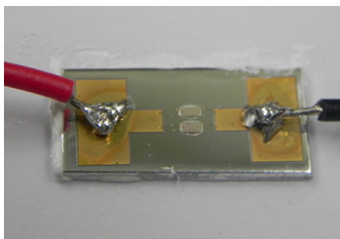
[그림 5] COB 패키지 기판 종류별 적외선 카메라 촬영 영상
[Fig. 5] Infrared photographs of COB package substrates

그림 5는 LED 칩 및 COB 패키지 기판을 적외선 카메라로 촬영한 사진을 보여주고 있다. 알루미늄 기판에 실장된 LED 칩의 온도가 전반적으로 낮음을 확인할 수 있다. LED 칩이 1.0 W 전력 소모 시에 적분구(Integrating Sphere)를 사용하여 광량을 측정하여 발광효율을 비교하였으며, 표 1은 LED COB 패키지 기판의 열저항 및 발광효율을 보여주고 있다. 알루미나 기판보다 알루미늄 기판이 열저항 51%, 발광효율 14% 향상되었다. 이는 알루미늄 기판의 낮은 열저항에 의한 광량 증가로 분석된다. 따라서 선택적 양극산화 공정 및 Thermal Via 구조를 적용한 알루미늄 기판의 방열 특성이 향상되었음을 의미한다.

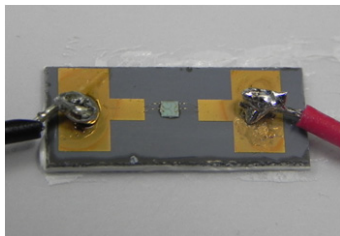
[표 1] COB 패키지 기판 종류별 열 및 광학 특성
 [Table 1] Thermal and optical properties of COB package substrates

측정 항목	알루미늄 기판	알루미나 기판
Tj (°C)	31.3	36.8
열저항 (°C/W)	4.12	8.35
발광효율 (lm/W)	9.22	8.09

그림 6에서와 같이 COB 패키지 기판 상에 1.0 W LED 칩 1개와 0.5 W LED 칩 2개를 각각 실장하여 동일한 전력 소모시 열저항 및 광학 특성의 성능 비교를 진행하였다. 특성 비교를 위해 LED COB 패키지는 동일한 측정 환경 및 조건에서 분석을 진행하였다. 1.0 W 소비전력 구동 상태에서 20분 이상 경과 후, LED 칩 및 패키지 기판을 적외선 카메라로 촬영하였다. 그림 7의 적외선 사진에서 보듯이 0.5 W LED 칩을 2개 실장한 패키지의 경우에 칩의 온도 분포가 상대적으로 낮음을 확인하였다. 표 2는 LED 칩 개수에 따른 COB 패키지 기판의 열저항 및 발광효율을 보여주고 있다. LED 칩 개수가 증가할 경우, 열저항은 24% 그리고 발광효율은 19% 향상되었다. 이러한 실험 결과는 동일한 전력 소모시에 다수 칩의 효율적인 배치를 통해 열저항 및 발광효율을 증가시킬 수 있음을 보여준다.

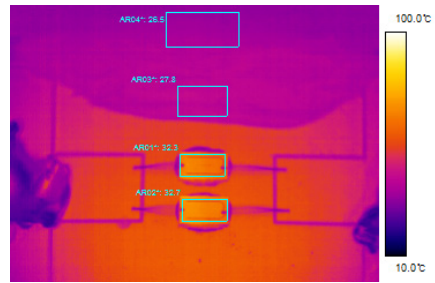


(a) 0.5W LED 칩 2개 실장

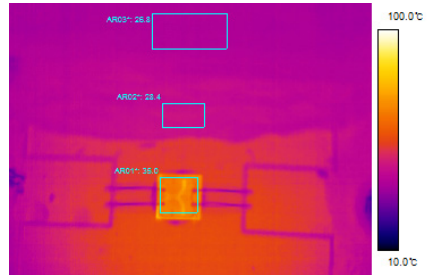


(b) 1.0W LED 칩 1개 실장

[그림 6] LED 칩을 실장한 COB 패키지
 [Fig. 6] COB packages after die bonding and wire bonding



(a) 0.5W LED 칩 2개 실장



(b) 1.0W LED 칩 1개 실장

[그림 7] LED 칩 개수에 따른 COB 패키지의 적외선 카메라 촬영 영상

[Fig. 7] Infrared photographs of COB packages with single chip and dual chip

[표 2] COB 패키지의 열 및 광학 특성
 [Table 2] Thermal and optical properties of COB package with single chip and dual chip

측정 항목	0.5W 칩 2개 실장한 COB 패키지	1.0W 칩 1개 실장한 COB 패키지
Tj (°C)	29.1	31.3
열저항 (°C/W)	3.1	4.1
발광효율 (lm/W)	11.0	9.2

5. 결론

본 논문에서는 알루미늄 기판 위에 선택적 양극산화 공정을 사용하여 LED COB 패키지를 제작하였다. 알루미늄 양극산화 공정을 통하여 대략 100 μm 두께의 알루미나층을 형성하여 패키지 기판의 절연층으로 사용하였다. 또한 선택적 양극산화 공정을 적용하여 비아홀 내부가 완전히 충전된 Thermal Via를 구현하였다.

Thermal Via 적용 여부에 따른 LED COB 패키지의 열저항 및 발광효율 영향을 조사하기 위해서 알루미늄 기판과 알루미나 기판을 각각 제작하고 비교 분석하였다.

Thermal Via를 적용한 알루미늄 기판이 알루미늄 기판보다 열저항 51% 향상과 발광효율 14% 증가를 보여주었다. 이러한 결과는 선택적 양극산화 공정 및 Thermal Via 구조적용으로 COB 패키지의 방열 특성이 향상되었음을 증명한다. 또한 동일한 전력 소모시 LED 칩 개수에 따른 COB 패키지의 열저항 및 발광효율 변화를 비교 분석하였다. 그 결과, 복수의 LED 칩 배치가 단일 칩의 경우보다 열저항 24% 향상 및 발광효율 19% 증가를 보여주었다. 이러한 측정 결과는 다수 칩의 효율적인 배치가 COB 패키지의 방열 특성을 향상시킬 수 있음을 보여준다.

References

- [1] J.-H. Cho and M.-S. Lee, "Implementation of LED BLU Using Metal core PCB with Anodizing Oxide Layer and Reflection Cup Structure", Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 23, No. 8, pp. 8-13, 2009.
- [2] D. W. Hong and S. J. Lee, "A Study on High Power LED Lamp Structures", Journal of Optics and Photonics, Vol. 21, No. 3, pp. 118-122, 2010.
- [3] B. Ma, J. Kim, H. Cho, K. Lee, B. Song, "Improvement of Thermal and Reliability characteristics By Metal Package", Proc. of 2010 IEEK Summer Conference, pp. 563-565, 2010.
- [4] Y.-W. Kim et al., "Thermal Analysis of a Package Substrate for COB LED Packaging", Journal of the Korean Physical Society, Vol. 54, No. 5, pp. 1873-1878, 2009.
- [5] S.-I Lee, S.-M. Lee and D.-H. Park, "Analysis of Thermal Properties in LED Package by Via hole of FR4 PCB", Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 24, No. 12, pp. 57-63, 2010.

김 문 정(Moonjung Kim)

[정회원]



- 1999년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학석사)
- 2003년 8월 : 한국과학기술원 전자전산학과(공학박사)
- 2003년 9월 ~ 2006년 5월 : 삼성전자 책임연구원
- 2006년 9월 ~ 현재 : 공주대학교 전기전자제어공학부 교수

<관심분야>

신호충실도, 시스템 인 패키지, 패키지 및 커넥터 설계