양극산화공정을 사용한 LED 패키지

김문정* *공주대학교 전기전자제어공학부 e-mail : mjkim@kongju.ac.kr

The Korea Academia-Industrial cooperation Society

Moonjung Kim*
*Division of Electrical Electronic and Control Engineering,
Kongju National University

요 약

전도도가 우수한 알루미늄 및 알루미나 소재를 사용하여 LED 패키지를 제작하였다. 선택적 양극산화 공정을 적용하여 알루미늄 기판 상에 알루미나를 형성하고 이를 유전체로 사용하였다. 패키지 기판에 따른 열저항 및 광량 분석을 위해 알루미늄 기판과 알루미나 기판을 제작하여 성능 비교분석을 진행하였다. 알루미늄 기판이 알루미나 기판보다 우수한 열저항 및 발광효율 특성을 보여주었으며, 이러한 결과는 선택적 양극산화 공정을 사용한 알루미늄 기판이 고출력 LED 패키지용 기판으로 활용할 수 있음을 보여준다.

1. 서론

일반적인 반도체용 패키지는 반도체 칩을 외부 환경으로부터 보호하고, 단자를 인쇄회로기판(Printed Circuit Board: PCB)에 전기적으로 연결시키며, 칩에서 발생되는 열을 외부로 전달하는 기능을 수행한다. LED 패키지는 내부에 LED 칩을 실장하고 칩과리드(Lead)를 연결하며, PCB에 부착이 가능하도록제조된 소자이다. 최근 조명용 및 중대형 백라이트용 LED는 최근 100 mA ~ 1 A급 이상의 높은 전류를 사용함에 따라 방열 특성에 따른 고신뢰성 확보의 중요성이 증가하고 있다.

현재 일반조명(수십 ~ 수백W)을 LED로 대체하기 위해서 개별 LED 소자의 출력을 높이는 방향으로 연구개발이 진행 중이며, 특히 가로등, 투광기, 집어등 등의 수백 W급의 조명을 대체하기 위해서는 LED의 고출력화가 필요하다. 또한, 최근 LED TV용 (Backlight Unit)에서도 LED 소자의 개수를 줄이기 위해서 개별 LED 소자의 출력을 향상시키는 연구가진행되고 있다. LED는 입력 전력 중 약 70 ~ 80%이상이 열 손실로 변환된다. 열에 의한 칩의 온도 상승은 단기적으로는 광효율의 저하와 장기적으로는 칩의 수명 감소를 유발하게 되므로, 열을 효과적으로 방출하는 기술이 필요하다[1-2]. 따라서 고출력용

LED 패키지의 방열 특성은 LED 소자의 효율 향상 및 수명 확보 차원에서 매우 중요하며, LED 패키지의 열 저항을 줄이기 위해서 고방열 소재 적용과 패키지 구조개선 등의 연구개발이 필요하다.

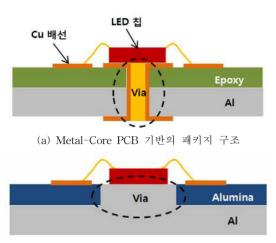
본 논문에서는 열전도도가 높은 알루미늄 및 산화 알루미늄 소재의 적용을 통해 LED 패키지의 방열 특성을 개선하였다.

2. LED 패키지 구조, 제작 및 분석

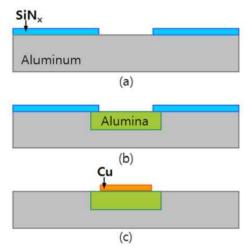
본 연구에서는 알루미늄 양극산화 공정을 통해 형성되는 알루미나(Al₂O₃)를 기판의 유전체로 사용하여 Metal-Core PCB(MCPCB)를 구현하고, 방열 특성 및 열전도도가 우수한 알루미늄과 알루미나를 적용하여 LED 패키지를 제작하였다. 그림 1은 기존 MCPCB 기반의 LED 패키지 구조와 본 논문에서제안한 LED 패키지 구조를 보여주고 있다.

기존 MCPCB의 유전체는 열전도도가 낮은 에폭시 (0.4 W/m·K)인 반면에 신규 구조는 열전도도가 높은 알루미나(30 W/m·K)를 적용하였다. 또한 양극산화 공정만으로 알루미나/알루미늄 적층이 구현되어기존 구조의 Lamination 공정이 필요 없는 장점을 가진다. FR4 소재의 일반 PCB 및 MCPCB 등에서 Thermal via의 적용으로 방열 특성이 개선된 연구

결과가 최근 보고되었다[3-4]. 그러나 기존 구조에서 는 드릴링 및 구리 도금 공정을 통해 비아가 형성되 는 반면에 신규 구조에서는 기판 설계과정과 선택적 양극산화 공정을 통해 다이 본딩 패드에 알루미늄 비아가 형성되어 비아 충진 구조가 완성된다.



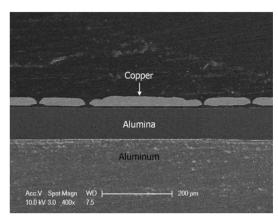
(b) 선택적 양극산화 기반의 패키기 구조 [그림 1] LED 패키지 구조



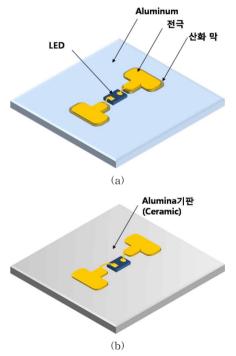
[그림 2] 선택적 양극산화 기반의 LED 패키지 기판 제작 공정: (a) 양극산화 영역 정의, (b) 양극산화, (c) Cu 도금

그림 2는 선택적 양극산화 기반의 LED 패키지 기판 제작 공정 순서도를 보여주고 있다. 그림 2(a)에서 보듯이 알루미늄 기판 상에 양극산화 영역이 정의되고, 양극산화가 필요하지 않은 영역은 실리콘 결화막(SiNx)으로 보호한다. 그림 2(b)는 옥살산을 사용한 전해 용액에서 선택적 양극산화 공정을 보여준다. 이 과정에서 두꺼운 알루미늄 산화막 즉 알루미나가 형성된다. 다음으로 Cu/Ni/Au 도금 공정을 사용하여 배선을 형성한다. 그림 2(c)에서 보듯이 배선 영역은 절연성이 확보된 알루미나 상에서 구현되

며, 양극산화 되지 않은 알루미늄 영역에는 LED 칩이 배치된다. 이러한 LED 칩 및 배선 배치 설계를 통해 LED 패키지의 방열 특성을 개선할 수 있다. 그림 3은 알루미늄 양극산화로 형성된 알루미나의 단면 SEM 사진을 보여준다. 형성된 알루미나의 두 께는 대략 100 ㎞ 수준이다.



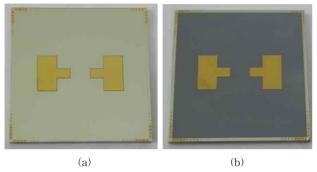
[그림 3] 알루미늄 양극산화의 단면 SEM 사진



[그림 4] LED 패키지 기판: (a) 알루미늄 기판 (b) 알루미나 기판

본 연구에서는 패키지 기판 종류(알루미늄 기판, 알루미나 기판)에 따른 열저항 차이가 LED 광량에 미치는 영향을 분석하였으며, 그림 4는 패키지 기판 종류를 보여 주고 있다. 알루미늄 기판은 선택적 양극산화를 통해 일부 영역(전극 패턴 영역)에 알루미나를 형성한 기판 구조이며, LED 칩은 알루미늄 상에 배치된다. 반면에 알루미나 기판은 전면 양극산

화를 통해 패키지 기판 전면에 알루미나를 형성하며, LED Chip칩은 알루미나 상에 배치된다. 그림 5는 제작 완료된 LED 패키지 기판(20×20 ㎡)을 보여주고 있다. 제작 완료된 LED 패키지 기판 상에 1W LED 칩(1×1 ㎡)을 배치하고 다이 본딩 및 와이어본딩을 진행하였다.

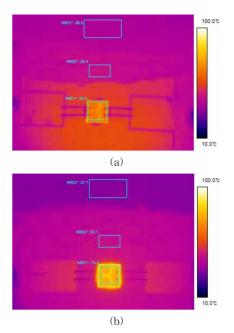


[그림 5] 제작 완료된 LED 패키지 기판: (a) 알루미늄 기판 (b) 알루미나 기판

제작 완료된 LED 패키지 기판에 따른 열저항 및 광학 특성을 비교하기 위해 LED 패키지는 동일한 측정 환경 및 조건에서 분석을 진행하였다. 1W 소비전력 구동 상태에서 20분 이상 경과 후, LED 칩및 패키지 기판을 IR 카메라로 촬영하였다(그림 6). 또한 LED 칩이 1W 전력 소모 시에 적분구 (Integrating Sphere)를 사용하여 광량을 측정하여 발광효율을 비교하였다. 표 1은 LED 패키지 기판의열저항 및 발광효율을 보여주고 있다. 알루미늄 기판이 알루미나 기판보다 열저항 51%, 발광효율 14% 향상되었다. 이는 알루미늄 기판의 낮은 열저항에의한 광량 증가로 분석된다.

3. 결론

알루미늄 기판 및 알루미늄 양극산화 공정을 사용하여 LED 패키지를 제작하였다. 열저항 및 광량 측정 분석을 통해 선택적 양극산화 공정으로 구현한 알루미늄 기판이 알루미나 기판보다 우수한 성능을 구현하였다. 따라서 선택적 양극산화 공정을 사용한 알루미늄 기판이 고출력 LED 패키지용 기판으로 활용이 가능함을 확인하였다.



[그림 6] LED 패키지의 IR 카메라 촬영 영상: (a) 알루미늄 기판 (b) 알루미나 기판

[표 1] LED 패키지 기판에 따른 특성 변화

평가항목	알루미늄 기판	알루미나 기판
Tj	31.3 °C	36.8 ℃
열저항	4.12 ℃/W	8.35 ℃/W
발광효율	9.22 lm/W	8.09 lm/W

감사의 글

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

참고문헌

- [1] 홍대운 , 이성재, "COB LED 램프 패키징 방열특성과 신뢰성에 관한 연구", 한국광학회지, 제21권, 제3호, pp. 118-122, 6월, 2010년.
- [2] 마병진, 김제민, 조현민, 이관훈, 송병석, "금속패키지 적용을 통한 백색 LED의 방열특성 및 신뢰성 향상", 대한 전자공학회 하계종합학술대회, pp. 563-565, 6월, 2010년.
- [3] Young-Woo 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.
- [4] 이세일, 이승민, 박대희, "FR4 PCB의 Via-hole이 LED 패키지에 미치는 열적 특성 분석", 조명전기설비 학회논문지, 제24권, 제 12호, pp. 57-63, 12월, 2010년.