

세라믹-금속 기반 LED 어레이 패키지의 저온동시소성시 휨발생 억제 연구

허유진¹ · 김효태^{2,†}

¹SK-Hynix Inc.

²한국세라믹기술원 나노융합소재센터

Low Temperature Co-firing of Camber-free Ceramic-metal Based LED Array Package

Yu Jin Heo¹ and Hyo Tae Kim^{2,†}

¹SK-Hynix Inc., 2091, Gyeongchung-daero, Bubal-eup, Icheon-si, Gyeonggi-do 17336, Korea

²Nano Materials and Convergence Center, Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology, Jinju-si 52851, Korea

(Received November 23, 2016: Corrected December 23, 2016: Accepted December 26, 2016)

초 록: 고출력 LED 조명용 패키지를 제조함에 있어서 발열은 LED의 광출력과 수명에 매우 중요한 영향을 주는 인자로 알려져 있다. 본 연구에서는 가로등용 고출력 LED 패키지를 개발함에 있어서 효과적인 방열을 하기 위하여 방열효과가 상대적으로 우수한 구조인 chip-on-a-heat sink 구조를 가지는 세라믹-메탈 기반의 패키지를 제조하였다. 열확산 기능을 하는 heat sink 기판소재는 알루미늄 합금을, LED 어레이 회로를 형성하는 절연막으로는 저온동시소성용 glass-ceramics를 사용하였다. 특히 열처리 시 가장 이슈가 되는 세라믹-금속 하이브리드 패키지 기판의 휨을 억제하기 위한 수단으로서, glass-ceramic 절연막을 부분 코팅함으로써 휨현상을 용이하게 줄일 수 있게 되었다. 또한, LED 패키지의 방열특성의 향상 즉 열저항도 기존의 MCPCB 패키지나 전면 코팅형 절연막 패키지에 비해 훨씬 낮아지는 효과를 얻었을 뿐 아니라, 세라믹 코팅소재의 절감효과도 볼 수 있게 되었다.

Abstract: Ceramic-metal based high power LED array package was developed via thick film LTCC technology using a glass-ceramic insulation layer and a silver conductor patterns directly printed on the aluminum heat sink substrate. The thermal resistance measurement using thermal transient tester revealed that ceramic-metal base LED package exhibited a superior heat dissipation property to compare with the previously known packaging method such as FR-4 based MCPCB. A prototype LED package sub-module with 50 watts power rating was fabricated using a ceramic-metal base chip-on-a-board technology with minimized camber deformation during heat treatment by using partially covered glass-ceramic insulation layer design onto the aluminum heat spread substrate. This modified circuit design resulted in a camber-free packaging substrate and an enhanced heat transfer property compared with conventional MCPCB package. In addition, the partially covered design provided a material cost reduction compared with the fully covered one.

Keywords: Thick film, ceramic-metal, camber-free, LED package, thermal property

1. 서 론

Light emitting diode(LED) 조명용 패키지를 제조함에 있어서 발열은 LED의 광출력과 수명에 매우 중요한 영향을 주는 인자로 알려져 있다. 선행연구에 따르면 LED 소자의 동작온도(junction temperature)가 10°C 상승함에 따라 소자의 광출력은 약 15% 감소되고 수명은 약 2배나 짧아지는 결과를 초래한다고 알려져 있어 LED 소자의 수명연장과 광출력의 향상을 위해서는 효과적인 방열 대책이 이루어져야 한다.¹⁻³⁾ 전자기기나 패키지의 방열 대

책은 크게 두 가지를 들 수 있는데 하나는 우선 열 시뮬레이션 프로그램을 사용하여 기구나 소자의 물리적 디자인을 통해 방열을 하는 것이고, 두 번째는 기본적인 방열 디자인에 더해 고열전도의 소재를 적용함으로써 열의 전달을 더욱 용이하게 하는 것이다.

지금까지 LED 패키지에 있어서 패키지의 구조 즉 다양한 디자인의 패키징 기술이 개발되어 왔다. 대표적으로는 기존의 에폭시 기반 소재로 제조된 일반 flame retardant epoxy base printed circuit board(FR-4 PCB), 여기에 thermal-via를 형성하여 이 통로를 통해 열을 방출시키

[†]Corresponding author
E-mail: hytek@kicet.re.kr

© 2016, The Korean Microelectronics and Packaging Society

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

거나, 구리나 알루미늄 열 확산층이 내재된 metal core printed circuit board(MCPCB)와 같은 유기소재(organic material)-금속 기반의 방열 패키지가 있다.⁴⁾ 최근에는 열전도율이 0.1~0.2 W/m·K 내외의 상대적으로 낮은 유기소재 기판을 열전도도가 3~4 W/m·K 이면서 1,000°C 이하의 저온에서 소결 가능한 glass-ceramic 소재 또는 20~150 W/m·K로 매우 높은 알루미늄(Al_2O_3), 질화규소(Si_3N_4) 또는 질화알루미늄(AlN) 등의 고온소결(1,500°C 이상) 세라믹소재를 절연기판으로 사용하는 사례가 증가하고 있다.^{5,6)}

여기에 더하여 이전에 PCB 기판과 방열 heat sink 블록 사이에 접착제로 사용하던 thermal tape이나 thermal pad, 또는 thermal grease/compound 등과 같은 thermal interface material(TIM)을 사용하지 않고 heat sink를 기판으로 하고 여기에 절연층을 직접 형성시켜, 그 위에 열원인 LED 소자를 바로 실장하는 chip-on-a-board(CoB) 또는 chip-on-a-heat sink(CoH) 디자인을 적용하여 방열 효과를 더욱 향상시키는 방법도 연구되고 있다.^{6,7)}

본 연구에서는 다양한 고방열 패키지 디자인 중에서 방열효과가 우수한 CoH 구조를 기반으로 하는 LED 패키지를 제조하는 것으로서, 특히 열확산 소재로서 알루미늄 메탈 기판을 쓰고 그 위에 기존의 유기소재인 에폭시보다 열전도도가 양호한 glass-ceramic 소재를 후막공정(thick film process)을 써서 절연막으로 코팅하고, 최종적으로 다수의 LED 소자를 직병렬(series and parallel)의 array 회로로 배열하기 위하여 저온소결 가능한 은(Ag) 전극 페이스트(paste)를 인쇄하여 알루미늄 기판과 동시소성(co-firing)하는 것을 특징으로 한다.

이 때 glass-ceramic 절연체 페이스트를 알루미늄 방열 확산판에 후막 인쇄 후 금속재인 알루미늄 기판과의 접합 및 후막의 치밀화를 위해 열처리하는 과정에 있어서 glass-ceramic 후막의 소결 수축⁸⁾ 및 금속과 세라믹 간의 열팽창 계수의 차이로 기판의 휨 (camber 또는 warpage) 현상이 발생하게 된다. 본고는 이 금속-세라믹 이중접합 구조를 가지는 LED 패키지용 하이브리드 절연기판의 휨 발생을 억제에 관한 것이다. 이를 위해 알루미늄 금속기판상에 도포되는 절연막 전면코팅과 LED 소자가 실장되는 solder pad 부위 및 이들 소자간의 직병렬 회로 연결 interconnect 부분에만 절연막을 도포하는 절연막 부분코팅 기판회로 디자인을 적용하였다. 이에 따라 절연막 열처리 후 금속-세라믹 하이브리드 기판의 휨의 억제 정도를 정량화하여 측정하고, 열저항(thermal resistance) 측정법을 사용하여 LED 어레이 패키지의 방열효과가 개선되었음을 입증하고자 하였다.

2. 실험 방법

우선 금속소재의 열확산 기판으로서 경량이면서 열전도도가 우수하며 가공이 용이한 알루미늄 합금(5052-H32,

$t = 1.5 \text{ mm}$) 기판을 사용하였고 시료의 크기는 $25 \times 25 \text{ mm}^2$ 로 하였다. 그 위에 도포할 세라믹 절연체는 알루미늄 합금(이하 알루미늄)의 용점(601°C) 보다 낮은 540°C 이하에서 소결이 가능한 $ZnO-CaO-B_2O_3-SiO_2$ 기반의 저온소성 glass-ceramic을 제조하였다. 이 유전체 페이스트(paste)를 사용하여 스크린 인쇄(screen printing)법으로 1회에 $50 \mu\text{m}$ 의 두께로 인쇄 후 85°C 의 오븐에서 30분간 건조하였다. 이후 2번 더 같은 방법으로 도포 과정을 거친 다음 6시간 동안 오븐에 넣어 절연막을 충분히 건조하여 최종 두께가 $150 \mu\text{m}$ 이 되도록 하였다. 건조가 끝난 시료는 다시 그 위에 LED 소자 전극 pad 및 소자 간의 인터커넥팅을 위해 은(Ag) 전극을 후막 인쇄하였다. 여기서 세라믹 절연체 막을 인쇄하기 위한 스크린은 알루미늄 기판을 전면 도포할 패턴과 LED 소자의 전극 단자 및 인터커넥터용 은전극 회로의 절연막을 위한 부분 도포 인쇄 패턴의 두 가지 스크린을 사용하였다. 아래 그림 Fig. 1에 세라믹-금속 이중접합 하이브리드 기판, 절연막 전면코팅 및 부분코팅형 LED 어레이 패키지 기판의 개념도를 제시하였다. 그림의 (a)는 알루미늄 메탈 기판에 절연체 glass-ceramic 후막 paste를 스크린 인쇄법으로 전면도포(full cover)한 패키지 기판의 구조이고, (b)는 $510\sim 540^\circ\text{C}$ 의 온도에서 열처리 한 뒤에 세라믹-메탈 하이브리드 기판이 휘어진 구조를 나타낸다. Fig. 1의 (c)는 그림의 (b)와 같은 휨 불량을 억제하고자 본 연구에서 고안한 glass-ceramic 절연막("D")을 부분 도포(partial cover)한 하이브리드 기판의 구조이며, (d)는 절연막 전면도포형 하이브리드 기판에 LED 칩 소자를 표면실장(surface mounting)하기 위한 은(Ag) 전극 회로패턴("C")을 인쇄하고 열처리 한 뒤의 휨이 발생된 구조이다. 그리고 (e)는 절연막 부분도포형 하이브리드 기판에 은전극을 인쇄하고 열처리한 경우의 하이브리드 기판 단면구조를 나타낸다.

위와 같이 준비된 건조 시료는 전기로를 사용하여 540°C 에서 40분간 대기분위기에서 열처리하여 세라믹 절연막을 형성하였다. 이 때 승온 및 냉각속도는 모두 $10^\circ\text{C}/\text{min}$ 으로 하였으며, 기판시료가 외부 대기 온도 수준인 50°C 이하로 냉각된 다음에 전기로에서 꺼내어 열충격으로 인한 세라믹 절연층의 균열을 방지하고자 하였다.

이와 같이 제조한 $25 \times 25 \text{ mm}^2$ 형 세라믹-금속 하이브리드 기판의 휨 정도(camber height)를 측정하기 위하여 그림 Fig. 1의 (f)와 같이 시료의 가장자리 네 꼭지점($\beta, \gamma, \delta, \epsilon$)과 중심부(α)의 높이 단차를 정반이 부착된 마이크로미터(Mitutoyo)로 측정하여 camber height를 산출하였다. 기판 가장자리의 네 꼭지점에서의 기준 높이를 측정해서 이들에 네 개의 값에 대한 평균값($A_{v_{edge}}$)을 구한 다음, 중심부 높이가 α 값과의 차이($\alpha - A_{v_{edge}}$)를 구하면 이것이 camber height가 된다.

다음으로 알루미늄 기판상의 세라믹 절연막 전면코팅형과 부분코팅형의 방열효과를 비교 평가하기 위하여 $25 \times 25 \text{ mm}^2$ 크기의 LED single chip이 실장된 표준 패키

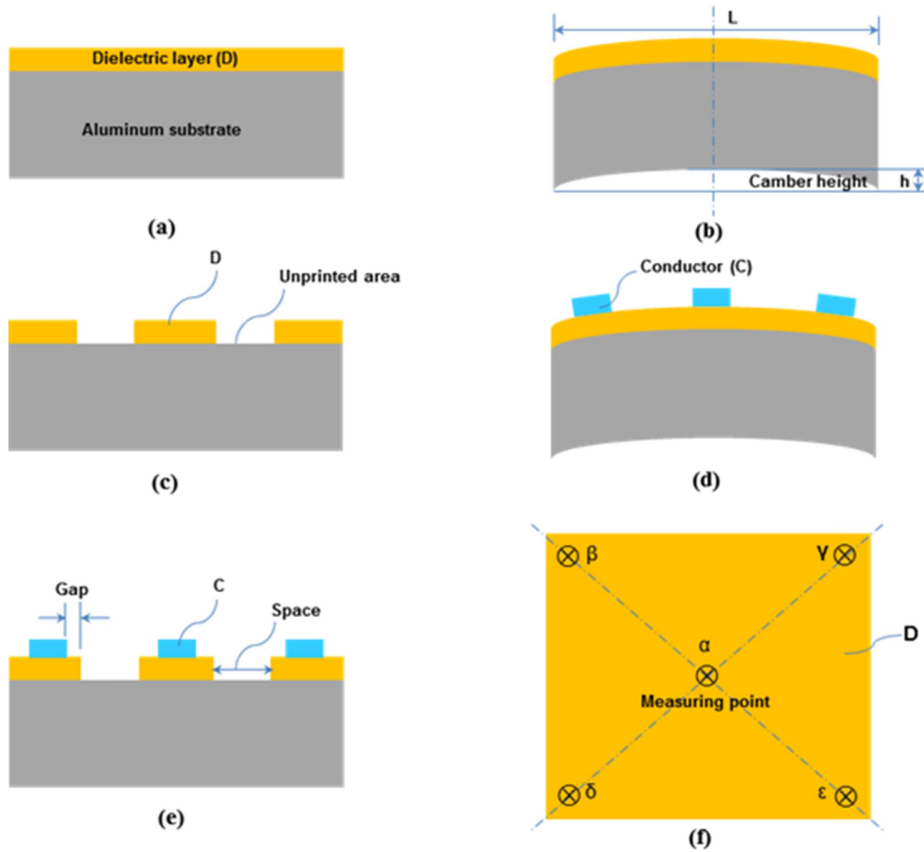


Fig. 1. Schematic illustration of ceramic-metal hybrid substrate for high power LED array package: (a) designed ideal flat ceramic-metal hybrid substrate, (b) & (d) cambered state after heat treatment when ceramic layer is fully covered on aluminum substrate, (c)

지 시료를 아래 그림 Fig. 2와 같이 디자인하여 제작하였다. 또한 이들 하이브리드 패키지와의 성능비교 대조 샘플로서 같은 규격의 MCPCB형 패키지 시료도 제작하였다. 이 표준시료에 실장된 LED 소자는 1 W급(model: Lumiled, Philips)의 칩을 사용하였다. 제작된 세 가지 LED 패키지 시료는 열저항 측정기(model: T3ster, Micred)를 사

용하여 방열특성을 비교 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 세라믹-금속 하이브리드 기판의 절연층 전면코팅형과 부분코팅형의 휨 비교분석

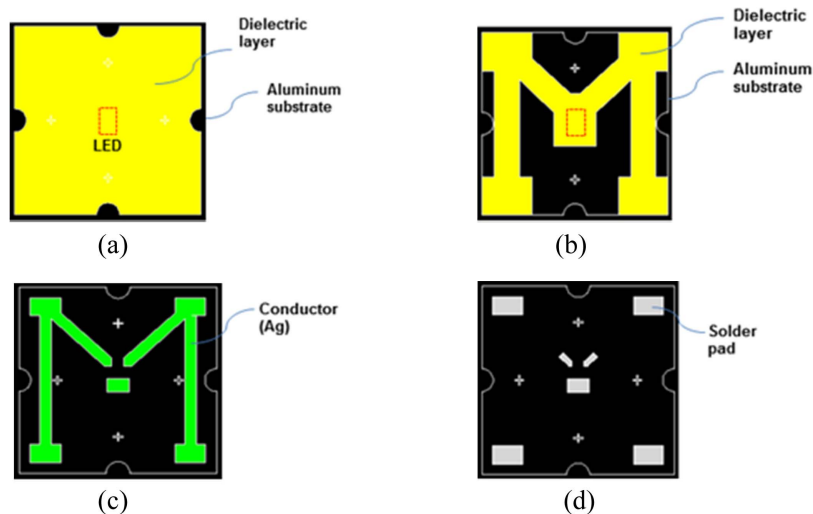


Fig. 2. CAD drawings of single-chip mounted ceramic-metal based LED packages for 1 watt lighting engine (25×25 mm² size): (a) fully covered, (b) partially covered with glass-ceramics on aluminum substrates; (c) conductor (Ag) pattern and (d) solder pad pattern for LED mounting.

위의 그림 Fig. 2에서 세라믹 절연층 전면코팅형은 패턴(a)위에 Ag 전극층 (c)를 후막 인쇄한 다음 500~540°C에서 40분간 열처리한 것이고, 부분코팅형은 패턴(b) 위에 전극층 (c)를 인쇄 후 열처리 한 것이다. 아래 Table 1과 2는 각각 전면코팅형과 부분코팅형 기판 시료에 대한 camber height를 산출하기 위해 Fig. 1(f)의 각 지점에 대해 height 레벨을 측정 한 것이다.

Table 1에서 알루미늄의 용점에 근접한 540°C에서의 edge height와 center height가 크게 증가하였음을 볼 수 있으며 이것은 기판의 변형이 커졌음을 나타낸다. 반면, 부분코팅형에 대한 결과인 Table 2의 경우를 살펴보면 540°C에서의 기판의 변형이 전면코팅형에 매우 적은 것을 알 수 있다. 그림 Fig. 3은 Table 1과 2에서 center height 값(a)에서 edge height의 평균값(f)을 뺀 것, 즉 camber height 값을 요약하여 그래프로 도시한 것으로서 열처리 온도의 증가에 따른 전면코팅형과 부분코팅형 기판의 camber 변형의 정도를 쉽게 알 수 있게 하였다. 이 결과를 보면 전면코팅형의 경우 540°C에서 열처리하게 되면 camber 변형이 무려 1 mm에 가깝게 높아지게 되어 제품으로서 사용하기 어려운 것을 알 수 있다. 또한, 기판의 크기가 25×25×1.5 mm³으로 작은 경우에는 Table 1과 같이 510°C 열처리 시료의 경우 camber height가 비록 0.094 mm에 불과하지만, 기판의 크기를 150W급 고출력 LED 가로등의 sub-module인 50W급의 실용 사이즈로 디자인한 100×100×4.0 mm³ 크기로 커지게 되면 camber 변형 문제는 더 심각하게 된다. 아래 Table 3에는 100×100×4.0 mm³ 크기의 알루미늄 bare 기판, 전면코팅형 기판 및 부분코팅형 기판에 대한 510°C 열처리 후의 camber 변형량을 나타낸 것

이다. 단순 알루미늄 기판의 경우 열처리 전후의 camber height 값이 각각 0.051 mm와 0.050 mm 로 금속자체만의 기판일 경우 변형이 거의 없음을 보여준다. 그러나 세라믹 절연층을 도포하여 열처리 하면, 전면코팅형의 경우 510°C의 비교적 낮은 열처리 조건에서도 camber height가 무려 1.201 mm로 변형이 매우 커짐을 볼 수 있으며, 실제 본 연구에서 사용한 세라믹 절연층의 적정 소결온도가 530~540°C임을 감안하면 그 변형율은 심각하게 될 것으로 쉽게 예측된다. 반면 부분코팅형의 경우 변형량은 0.140 mm에 불과하다. 이로써 알루미늄 금속 기판상에 저온소성 세라믹 후막 절연층을 형성함에 있어서 회로 설계 여건이 주어진다면 가능한 부분코팅형으로 디자인하는 것이 camber 변형 불량을 줄여 주는데 유익할 것으로

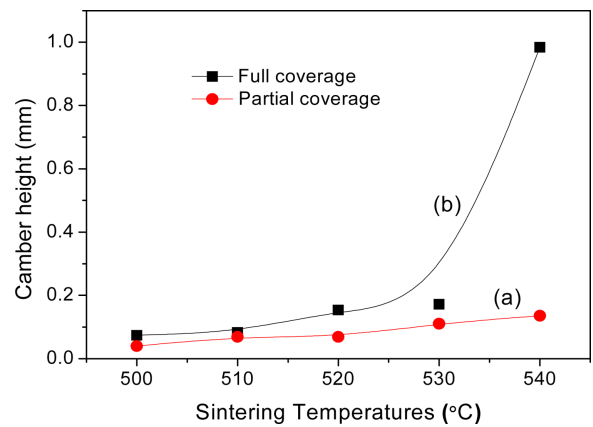


Fig. 3. Variation of camber heights with increasing heat treatment temperatures: for aluminum substrates covered (a) fully and (b) partially with glass-ceramic layers.

Table 1. Camber deformation of aluminum substrates with fully covered glass-ceramic layers, after heat treatment at various temperatures (substrate size: 25×25×1.5 mm³)

Sample No.	Temp. (°C)	(a) Center height α (mm)	측정 포지션별 edge height (mm)				
			(b) β	(c) γ	(d) δ	(e) ε	(f) Av _{edge}
1	500	1.684	1.608	1.615	1.609	1.607	1.610
2	510	1.712	1.610	1.618	1.624	1.619	1.618
3	520	1.906	1.765	1.760	1.736	1.746	1.752
4	530	1.945	1.742	1.763	1.785	1.801	1.773
5	540	4.059	2.982	2.968	3.166	3.182	3.074

Table 2. Deformation of aluminum substrates with partially covered glass-ceramic layers, after heat treatment at various temperatures (substrate size: 25×25×1.5 mm³)

Sample No.	Temp. (°C)	(a) Center height α (mm)	측정 포지션별 edge height (mm)				
			(b) β	(c) γ	(d) δ	(e) ε	(f) Av _{edge}
6	500	1.599	1.563	1.564	1.554	1.556	1.559
7	510	1.603	1.565	1.563	1.574	1.561	1.565
8	520	1.698	1.634	1.626	1.632	1.622	1.629
9	530	1.806	1.712	1.672	1.705	1.687	1.695
10	540	1.894	1.788	1.746	1.766	1.731	1.758

Table 3. Camber deformation of large area (100×100×4.0 mm³) LED sub-module using ceramic-metal hybrid substrates with partial and full coverage of glass-ceramic layers on aluminum base plate

세라믹 절연막 도포상태	열처리 (at 510°C)	(a) center height α (mm)	측정 포지션별 edge height (um)					Camber [(a)-(f)] (mm)
			(b) β	(c) γ	(d) δ	(e) δ	(f) $A_{V_{edge}}$	
Bare aluminum	before	4.973	4.926	4.939	4.911	4.913	4.922	0.051
	after	4.978	4.928	4.955	4.914	4.917	4.928	0.050
Fully covered	after	6.308	5.040	5.158	5.134	5.094	5.107	1.201
Partially covered	after	5.180	5.046	5.060	5.036	5.017	5.040	0.140

판단된다.

3.2. 세라믹-금속 하이브리드 기판의 절연층 전면코팅형과 부분코팅형의 방열특성 비교분석

금속-세라믹 기반의 LED 패키지 기판에 대한 방열특성을 평가하고자 아래 그림 Fig. 4와 같이 세 가지 종류의 single chip이 실장된 표준 prototype LED 패키지를 제작하였다. 그림의 (a)는 기준시료로서 기존의 MCPCB형 패키지, (b)는 세라믹-금속 하이브리드 패키지로서 세라믹 절연막 전면코팅형, 그리고 (c) 세라믹 절연막 부분코팅형으로서 이 세 가지 패키지의 규격사양은 모두 같게 하여 오로지 방열특성만의 차별성을 평가하고자 하였다.

LED 패키지의 방열특성은 국제표준인 JEDEC STD 51-1에 부합하고 전 세계적으로 가장 널리 사용하는 열저항 측정기(model: T3Ster, Micred) 장비로 평가하였으며, 그 결과를 Fig. 5에 나타내었다. MCPCB 기판으로 제작된 시료의 열저항값은 46.8 K/W 였으나, 세라믹 절연층 전면코팅형은 23.5 K/W, 부분코팅형은 18.2 K/W로서 열저항이 낮을 수록 방열성능이 우수한 패키지로 볼 수 있으므로, 전면코팅형 세라믹-금속 패키지는 기존 MCPCB형 패키지 대비 약 200%, 부분코팅형은 약 250% 이상 방열특성이 향상된 것으로 분석된다.

그리고 Fig. 5의 방열특성 평가 데이터에서 세라믹-금속 하이브리드형 LED 패키지 기판에 있어서, 세라믹 절

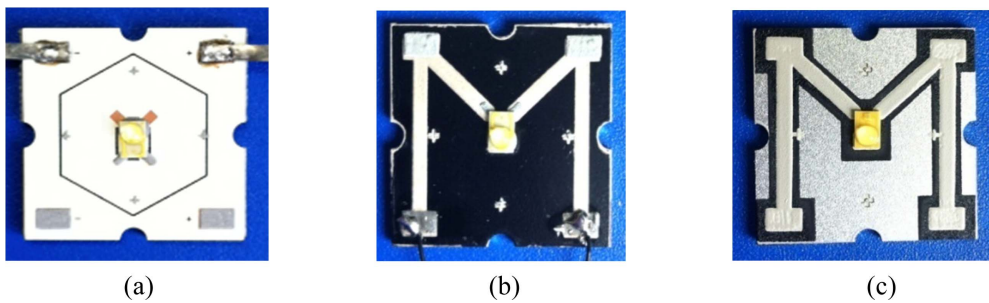


Fig. 4. Fabricated prototype single chip mounted LED packages for comparison of thermal resistances: (a) conventional FR-4 MCPCB, (b) ceramic-metal PCB covered fully with glass-ceramics, and (c) ceramic-metal PCB covered partially with glass-ceramics.

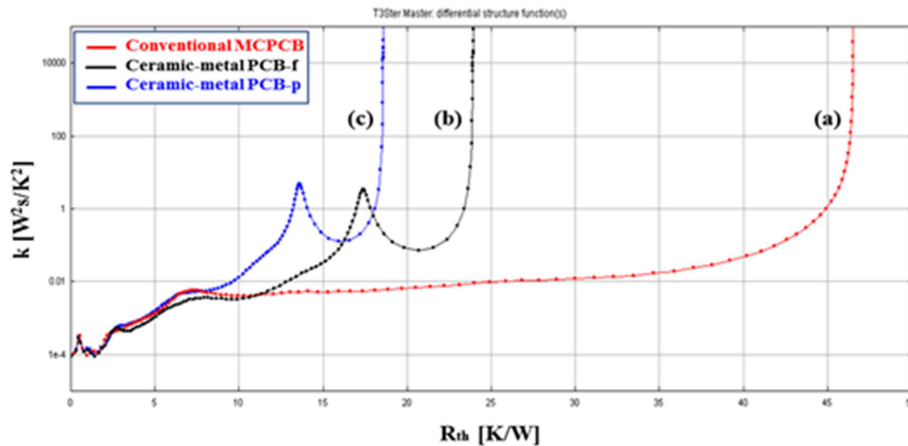


Fig. 5. Variation of differential structure functions with different kinds of single-chip mounted LED packages: (a) conventional FR-4 MCPCB, (b) ceramic-metal PCB covered fully with glass-ceramics (PCB-f), and (c) ceramic-metal PCB covered partially with glass-ceramics (PCB-p).

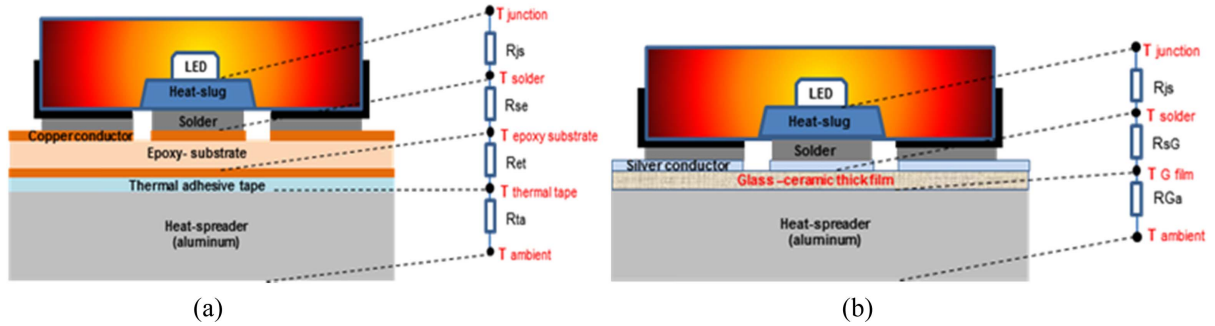


Fig. 6. Schematic of the prototype LED packages for the comparison of thermal resistances: (a) conventional FR-4 based MCPCB and (b) ceramic-metal based PCB covered with glass-ceramics.

연층 전면도포형 기판(ceramic-metal PCB-f)에 비해서 절연층 부분도포형 기판(ceramic-metal PCB-p)의 열저항이 더욱 감소한 것은 절연층 전면도포형에 비해 부분도포형 기판의 알루미늄 열확산판의 세라믹 절연층 도포면적이 적기 때문이다. 즉, 부분도포형 기판의 경우 열전도도가 세라믹 절연층보다 상대적으로 큰 알루미늄 금속부가 대기중 노출 면적이 더 크기 때문에 그만큼 열이 대기로 쉽게 방출되기 때문으로 해석된다.

위의 Fig. 6에는 기존의 MCPCB형 LED 패키지(a)와 본 연구에서 제작한 세라믹-금속 기반의 고방열 LED 패키지에 대한 단면 구조도와 이에 대한 열저항 회로를 도식하여 이해를 돕고자 하였다. 먼저 MCPCB형 패키지에 대한 열저항 값($R_{th(MCPCB)}$)은,

$$R_{th(MCPCB)} = R_{js} + R_{se} + R_{et} + R_{ta} \quad (1)$$

where, R_{js} : thermal resistance between LED junction and heat slug

R_{se} : thermal resistance between heat slug and epoxy PCB

R_{et} : thermal resistance between epoxy PCB and thermal tape

R_{ta} : thermal resistance between thermal tape and ambient

그리고 세라믹-금속 하이브리드형 패키지의 열저항 값($R_{th(hybrid)}$)은,

$$R_{th(hybrid)} = R_{js} + R_{sg} + R_{ga} \quad (2)$$

where, R_{sg} : thermal resistance between heat slug and glass-ceramic layer

R_{ga} : thermal resistance between glass-ceramic layer and ambient

의 수식으로 표현할 수 있으며, 여기서는 패키지의 각 층간의 계면 열저항은 비교분석의 단순성을 고려하여 포함하지 않았다. Fig. 6과 식 (1), (2)에서 보는 바와 같이 하이브리드 패키지에서는 MCPCB형 패키지에서 써야 되는 thermal tape층이 필요 없기 때문에 구조가 단순화 되는 특징이 있다. 본 실험에서 사용된 각 패키지 소재의 열전도도를 laser flash 법(model: LFA 427, Netzsch)으로 측

정한 값을 살펴보면, MCPCB 기판 ($t = 1.5 \text{ mm}$)의 열전도도가 $0.34 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, 세라믹-금속 하이브리드 기판 ($t = 1.5 \text{ mm}$)의 열전도도가 $37.4 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ 로서 매우 높게 나타났다.

따라서 이상의 결과를 종합 해 보면, LED 패키지에서 세라믹-금속 하이브리드 기판형 패키지의 방열특성이 기존의 에폭시 기반 MCPCB형 패키지에 비해 첫째는 구조적인 측면에서 상대적으로 열저항이 낮은 thermal tape 소재를 쓰지 않아 열저항 층이 적어진 것과, 둘째는 열전도도 측면에서 하이브리드 기판이 기존 MCPCB 기판 대비 거의 100 배 이상 높아서 열전달(heat transfer)이 훨씬 원활해지므로 패키지의 열저항값이 낮아지기 때문으로 해석된다.

4. 결 론

본 연구에서는 고출력 LED 어레이 패키지를 개발함에 있어서 효과적인 방열을 하기 위하여 방열효과가 상대적으로 우수한 구조인 CoH 구조를 가지는 세라믹-메탈 하이브리드 기판을 적용한 LED 어레이 패키지를 제조하였다. 세라믹-금속 이중소재를 적용하는 하이브리드 기판의 제조에 있어서, 특히 열처리 시 가장 이슈가 되는 패키지 기판의 휨을 억제하기 위한 수단으로서, 알루미늄 기판에 glass-ceramic 절연막을 부분코팅 함으로써 휨 현상이 전면코팅형에 비해 1/10로 줄어 들었다. LED 패키지의 방열특성도 기존의 에폭시 절연기판을 사용하는 MCPCB 패키지 보다 전면코팅 세라믹 절연막 패키지는 200%, 절연막 부분코팅형 하이브리드 기판 LED 패키지는 250% 이상 향상되는 효과를 얻었다. 그 뿐만 아니라, 부분코팅 시 절연막의 인쇄 면적이 줄어들게 되므로 세라믹 코팅소재의 사용량도 절감할 수 있었다.

Acknowledgements

This work was supported by the R&D support program of the Small & Medium Business Administration (SMBA), Korea (Grant No. S1071285) and by the Core materials

technology development program of the Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE) and the Korea Evaluation Institute of Industrial Technology (KEIT) (Grant No. 10067693).

References

1. Philips, "White Paper: Street Lighting" (2014), from www.philips.com.
2. S. Liu and X. B. Luo, "LED Packaging for Lighting Applications: Design, Manufacturing and Testing", John Wiley & Sons (2011).
3. P. Mottier, "LEDs for Lighting Applications", John Wiley & Sons (2008).
4. H. W. Shin, H. S. Lee, J. H. Bang, S. H. Yoo, S. B. Jung and K. D. Kim, "Variation of Thermal Resistance of LED Module Embedded by Thermal Via", J. Microelectron. Packag. Soc., 17(4), 95 (2010).
5. M. Arik, C. Becker, S. Weaver and J. Petroski, "Thermal Management of LEDs: Package to System", Proc. 3rd International Conference on Solid State Lighting, San Diego, 5187, 64 (SPIE) (2004).
6. M. Kang and S. Kang, "Influence of Al₂O₃ Additions on the Crystallization Mechanism and Properties of Diopside/anorthite Hybrid Glass-ceramics for LED Packaging Materials", J. Cryst. Growth., 326, 124 (2011).
7. J. K. Sim, K. Ashok, Y. H. Ra, H. C. Im, B. J. Baek and C. R. Lee, "Characteristic Enhancement of White LED Lamp using Low Temperature Co-fired Ceramic-chip on Board Package", Curr. App. Phys., 12, 494 (2012).
8. H. M. Cho, H. J. Kim, C. S. Lee, K. S. Bang and N. K. Kang, "Warping of Co-fired High K/Low K LTCC Substrate", J. Microelectron. Packag. Soc., 11(3), 77 (2004).