

논문 23-1-8

0.25 mm 초박형 두께를 가지는 회로기관형 리드프레임 백색 LED 램프

Super Thin 0.25 mm Thickness White LED Lamp with PCB Type Lead Frame

유순재^{1,a}, 김도형¹
(Soon Jae Yu^{1,a} and Do-Hyung Kim¹)

Abstract

0.25 mm thickness super thin surface mounted device LED Lamp is developed with PCB type lead frame in which BT (Bismaleimide Triazine) resin is used. BT resin is removed by a laser beam in order to reduce the thermal resistance below 1 °C/W and transfer molding is used with silicone. Compared to conventional 0.4 mm thickness LED lamp, the developed LED lamp can be derived in high current and the luminance of the LED lamp is increased up to 240 mA.

Key Words : LED, Surface mounted devices, BT resin, Lead frame, White lamp

1. 서론

LED(발광다이오드)는 종래의 광원에 비하여 환경오염이 적고, 지속적인 발광효율 개선의 가능성, 아울러 반도체 소자로서의 내구성, 신뢰성 및 균일성 등의 특성이 양호하여, 대형 디스플레이 LCD BLU (Back Light Unit) 광원분야나 조명 등의 광 에너지 분야 이외에도 각종 전자 통신기기의 정보 처리기기의 표시소자로 이용되고 있다[1,2]. 특히 각종 휴대기기 및 노트북과 같이 개인용 정보통신 기기에서는 소형화 및 박형화의 요구가 계속 증대되고 있으며 최근에는 대형 디스플레이기기 등에서도 박형화의 요구가 커지고 있다[3]. 그러나 종래의 광원은 내구성, 동작에너지 특히 소형화의 측면에서 그 이용성이 크게 떨어지며, 최근에는 표면실장형 LED가 사용되고 있으나, 요구되는 광량의 특성을 가지는 초박형의 소형 표면실장형 LED 개발은 아직 이루어지지 못하고 있다.

최근 고 광밀도 특성을 필요로 하지 않는 광원 응용 분야에서, 방열 및 에너지 효율 측면에서 LED 칩 및 패키지 램프의 크기를 소형화하여, LED 램프 개수를 다량 사용하는 방법으로, 열분산 특성을 개선하고, 광 추출 발광효율을 개선하고자 하는 목적으로 많은 연구개발이 이루어지고 있다[4]. 그러나 LED 램프 개수를 다량 사용하므로 발생하는 패키지 비용의 증가와 아울러 SMT (Surface Mounted Technology)시 발생하는 추가 비용의 문제가 있어 실제 상용화에는 많은 어려움이 있다.

본 연구에서는 BT레진 기판을 이용하여 레이저 천공기술을 이용하여 칩 실장부를 제작하여, 리드프레임의 두께를 초박형화 하면서, 아울러 종래의 리드프레임 보다 열 저항 특성을 대폭 개선하는 새로운 구조의 회로기관형 리드프레임을 개발하였다. 이 리드프레임을 이용하여 실리콘 수지류를 트랜스퍼 방법으로 몰딩하여 1.6 mm × 0.8 mm 크기의 LED 램프가 두께 0.25 mm를 가지도록 초박형의 SMD (Surface Mounted Devices) 형 LED 램프를 제작하였다. 제작한 LED 램프는 광학 반사 구조 및 방열 구조의 개선으로 발광 특성이 크게 개선되었으며, 46인치 LCD BLU시스템에 적용 시험하였다.

1. 선문대학교 전자공학과, (주)희성전자 자문
(충남 아산시 탕정면 갈산리 100)

a. Corresponding Author : sjyu@sunmoon.ac.kr

접수일자 : 2009. 12. 2

1차 심사 : 2009. 12. 18

심사완료 : 2009. 12. 23

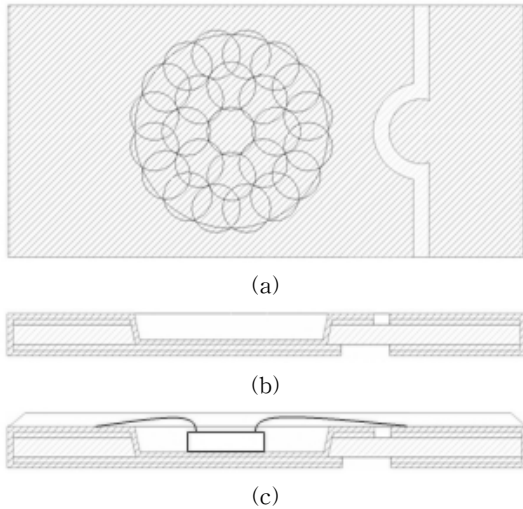


그림 1. 1.6 mm × 0.8 mm 크기로 제작한 회로기판형 리드프레임의 평면도 (a), 측면도 (b) 및 칩을 실장하여 제작한 LED 램프 측면도 (c).

Fig. 1. (a) Top view of PCB type lead frame, (b) side view of PCB type lead frame, and (c) side view of developed 1.6 mm × 0.8 mm LED lamp.

2. 실험

그림 1은 1.6 mm × 0.8 mm 크기로 제작한 회로기판형 리드프레임 및 칩을 실장한 램프를 도식화하여 표시하였다. 그림 1(a) 및 그림 1(b)는 제작한 리드프레임의 평면도와 측면도를 도식화 하였다. 그림 1(c)는 칩을 실장한 램프의 측면을 나타내었다.

회로기판형 LED 리드프레임은 두께 200 μm의 BT레진 기판을 사용하였다. BT레진 기판은 BT레진 60 μm의 두께 양 측면에 각각 20 μm 두께 Ni/Cu 박막이 도금 되어있다. 여기에 칩을 실장하는 칩 실장부 (플랫폼)을 형성하기 위하여 칩 실장부 부분을 제외하는 금속 마스크를 형성하여, Ni/Cu 박막을 식각하여 제거한 후, 빔 사이즈 직경 15 μm 정도의 레이저빔을 이용하여 BT레진을 제거하였다. 다시 15 μm 두께의 Ni/Cu/Ag 도금을 칩 실장부와 측면의 반사구조, 상층 광 반사부에 도금하여 회로기판형 리드프레임을 완성한다. 이때 두께는 칩 실장부 바닥부가 70 μm 두께를 가지며, 광 반사부 및 리드부의 두께는 130 μm 두께를 가진다.

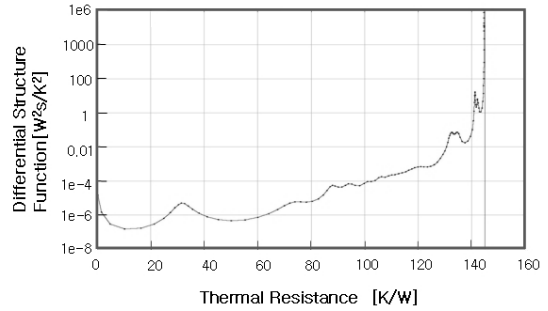


그림 2. 제작한 LED 램프의 열저항 특성.

Fig. 2. Characteristics of the thermal resistance of developed LED.

이 리드프레임에 칩을 실장하여 트랜스퍼방법으로 몰딩하여 램프를 제작하였는데, 칩의 두께 80 μm을 포함하여 LED램프의 총 두께는 0.25 mm로, 칩이 놓이는 70 μm 두께의 칩 실장부는 경화된 실리콘 몰딩부에 의해 지지된다. 이 칩 실장부의 바닥은 LED 구동시 주요한 열 방출 작용 역할을 하는데, 열 저항은 1 °C/W로 매우 작은 값을 가진다. 이러한 특성은 종래의 열 방출 통로가 구성되지 않은 리드프레임이나 혹은 상하층 사이에 스텔홀로 연결하여 열 방출구조를 제작하였던 리드프레임에 비하여 매우 유리한 구조로, LED 칩에서 발생한 열은 칩 하부의 방향으로 Cu 도금막을 통하여 빠르게 전달된 후, 하부의 열용량이 큰 메인 보드의 기판과 측면의 솔더를 통하여 방사하게 된다. 종래의 회로기판형 리드프레임 표면실장형 LED 램프에서 열 저항이 39 °C/W 정도인 점을 감안하면 본 개발에서 제작한 LED 램프는 열 저항 특성이 크게 개선 됨을 알 수 있다. 아울러 Cu 금속 슬러그나 AlN세라믹 기판을 이용하는 기타의 LED 램프에서도 약 5.8 °C/W에서 약 9.5 °C/W 정도가 보고되고 있다[5]. 그림 2에 제작한 LED 램프의 열저항 특성을 나타내었다.

이때 열저항의 특성은 Micred(사) T3ster 장치를 사용하였으며, 광속은 Labsphere(사) CDS 500을 이용하였으며, 적분구의 크기는 10인치를 이용하였다.

3. 결과 및 토론

그림 3에 종래의 0.6 mm 두께를 가지는 1.6 mm × 0.8 mm 크기로 제작한 LED 램프와 새로 제작한 0.25 mm 두께의 동일 크기의 LED 램프의

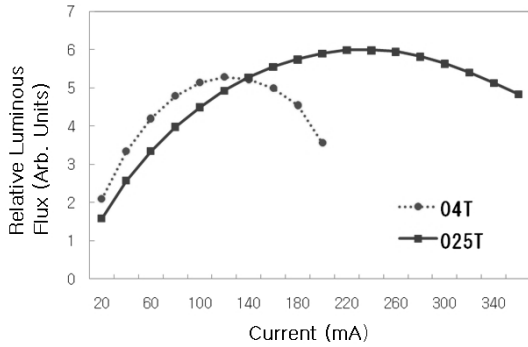


그림 3. 종래의 0.4 mm 두께를 가지는 1.6 mm × 0.8 mm 크기의 LED 램프와 0.25 mm 두께를 가진 동일 크기의 LED 램프의 I-L (전류-광속) 특성.

Fig. 3. Luminance is shown as a function of current for conventional 0.4 mm thickness LED and developed 0.25 mm thickness LED.

I-L (전류-광속) 특성을 나타내었다. 0.25 mm 두께의 초박형 LED 램프는 발광효율이 40~50% 개선되는 것을 알 수 있다. 이는 방열특성 개선과 광반사구조 개선에 기인하는 것으로 판단된다. 방열특성의 개선은 상기 서술한 바와 같이 레이저 천공을 통하여 BT 레진을 제거하여 열 저항을 작게 개선하였으며, 광 반사 구조는 LED 램프 리드프레임의 회로기판 상판 전체에 반사판을 설치하여 광 반사면적을 증가 시켰기 때문이다. 저 전류 밀도에서는 광 강도의 차이가 작으나, 전류밀도가 증가함에 따라 점점 광속의 강도 차이가 두드러짐을 알 수 있다. 종래의 LED 램프가 120 mA 부근에서 강도 증가가 포화되는데 반하여, 0.25 mm 두께의 초박형 LED 램프는 계속적으로 약 240 mA 까지

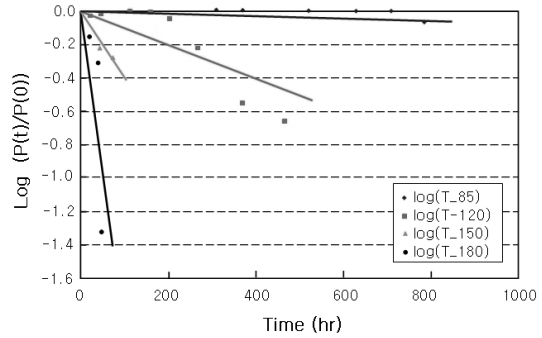


그림 4. 제작한 LED 램프의 온도에 따른 Arrhenius 모델을 이용한 수명 특성.

Fig. 4. Temperature dependence of developed LED lifetime with Arrhenius law.

증가하는 것을 알 수 있으며, 이 때 발광 효율 81.8 lm/W로 매우 큰 값을 유지하는 것을 알 수 있다. 이는 칩의 방열 특성이 개선됨에 따라 칩의 접합온도의 포화 온도가 내려가 보다 높은 온도까지 발광 효율이 증가하는 것으로 판단된다[6].

그림 4에 제작한 LED 램프의 수명 특성을 나타내었다. LED 램프를 소형화 하는 경우, 수명 신뢰성에 대하여 조사하기 위해, 노화의 모델로 온도에 의한 Arrhenius 계산[7]으로 노화계수 및 결함의 활성화 에너지를 구하였다.

구동 전류 20 mA에서 온도 각 85°C, 120°C, 150°C, 180°C에서 시험하였다. 제작한 LED 램프의 결함 활성화 에너지는 0.2 eV로 측정되었으며, 계산된 수명은 약 6,200 시간으로, 동시에 동일한 방법으로 측정된 Nichia (사)의 조명용 제품은 활성화 에너지가 0.18 eV, 수명 49,000 시간으로 계산 되었다.

표 1에 새로 제작한 LED 램프를 이용하여 제작한 46인치 LCD BLU의 특성을 나타내었다. 종래

표 1. 제작한 LED 램프를 이용한 46인치 LCD BLU 특성.

Table 1. Characteristics of 46" LED BLU.

	Brigh tness (nit)	CIE(x,y)	Chip Size (μm)	LED Quantity (ea)	Thermal Resistivit y (K/W)	Current Density (A/ cm^2)	LED Lum.Eff. (lm/W)	Power Consumption (W)	Cost (%)
0.25T	7,680	(0.2771, 0.2548)	350×350	2,304	145	0.16	58.3	146 (20 mA)	61
0.40T	7,000	(0.2605, 0.2361)	500×500	80	80	0.24	49.3	187 (60 mA)	100

의 LED 램프 및 새로 제작한 LED 램프를 사용한 시스템의 휘도는 각각 7,000 nit 및 7,680 nit를 나타내는데, 새로 제작한 LED 램프를 사용한 시스템은 종래의 LED 램프를 이용한 시스템에 비하여 LED 램프의 개수를 2.4 배정도 증가시켰다. 칩의 면적은 1.17배 정도 증가하였다. 따라서 BLU면상에서 휘도의 차이 1.08배를 감안하면 두 시스템에 사용한 LED칩의 면적은 차이는 미미하다는 것을 알 수 있다. 새로 제작한 리드프레임 및 패키지의 특성을 비교하여 보면, 성능 측면에서 특히 전류밀도를 비교해보면 새로 제작한 LED 램프가 종래의 시스템에 사용한 LED 램프에 비하여 33% 감소하는 것을 알 수 있으며, 아울러 발광 효율이 18% 증가하였다.

또 비용 측면에서는 새로 제작한 LED 램프를 이용한 시스템이 39% 절감되는 것을 알 수 있는데, 주로 패키지 특히 리드프레임 및 몰딩부의 부자재의 비용 감소에 기인하는 것을 알 수 있으며, 이러한 점은 리드프레임의 열 특성 및 광 반사 특성의 개선에 의한 발광 효율의 개선은 물론 LED 램프의 소형화에 의한 열원의 분산화에 기인하는 것으로 판단된다. 이러한 점은 최근의 LCD BLU 분야에서 CCFL (Cold Cathode Fluorescent Lamp) 광원을 대체하는데 있어 큰 문제점 중의 하나인 비용의 문제를 해결하는 좋은 방법 중 하나가 될 수 있을 것으로 기대된다.

특히 본 개발의 가장 큰 목적인 시스템의 박형화 특성 측면에서는 LED 램프의 소형화와 더불어 화소의 분할에 의한 다크-존 길이의 축소가 가능하여 약 8 mm 정도의 두께까지 시스템의 박형화가 가능하다는 점을 알 수 있다.

4. 결 론

BT레진 회로기판을 이용하여 40 μm 두께의 칩실장부를 가지는 회로기판형 리드프레임을 제작하고, 이를 이용하여 1.6 mm \times 0.8 mm 크기의 표면실장형 LED 램프를 제작 하였다. 리드프레임은 BT레진 기판을 가공하여 열저항이 1 $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ 로 제작하였으며, 실리콘 수지류를 이용하여 트랜스퍼 방법으로 몰딩하였다. LED 램프의 총 두께는 0.25 mm 로 초박형두께를 가지면서 20 mA 구동에서 제작한 LED는 종래의 0.4 mm 두께 LED 램프에

비하여 대전류에서 광속이 증가하였으며, 240 mA 까지 계속적으로 증가하였다. 온도 변화에 의한 Arrhenius 모델을 이용하여 수명 시험에서 6,200 Hr의 특성을 나타냈다. 아울러 46인치 LCD BLU에 적용하여 시스템의 에너지효율을 개선 및 비용을 절감함은 물론 BLU 시스템의 두께를 8 mm 정도로 초박형화 하는 것이 가능하였다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 부품소재 기술 개발 사업인 “고효율 고신뢰성 조명용 R,G,Y 형광체 개발 사업”의 지원 및 희성금속(주)의 지원으로 수행되었다.

참고 문헌

- [1] E. Fred Schubert, “Light Emitting Diodes”, Cambridge University Press 2nd Edition, p. 13, 2003.
- [2] S. Nakamura and G. Fasol, “The Blue Laser Diode”, Springer Berlin, 1997 or X. Guo, J. W. Graff, and E. F. Schubert, “Photon Recycling Semiconductor Light Emitting Diode”, IEDM Technical Digest, IEDM-99, p. 600, 1999.
- [3] S. Okubo, “Nikkei Electronics”, p. 79, 2005.
- [4] S. J. Yu, D. H. Kim, Y. S. Choi, and H. T. Kim, “Development of very small LED lamp with low thermal resistance lead frame for LCD backlight”, Journal of Information Display, Vol. 10, No. 2, p. 49, 2009.
- [5] H. T. Kim, S. J. Nho, Y. S. Choi, and S. J. Yu, “Fabrication of large LCD backlight with red, green, and blue LED lamps”, Journal of Information Display, Vol. 10, No. 3, p. 97, 2009.
- [6] N. Yamada, “Primary technologies for high-efficiency visible LEDs”, Oyo Buturi, Vol. 68, No. 2, p. 139, 1999.
- [7] P. Bhattacharya, “Optoelectronics”, Prentice Hall. Inc. 2nd Edition, p. 233, 2009.