

실리콘 리플렉터를 적용한 고효율 고출력 LED 패키지 개발

(Development of High Efficiency and High Power LED Package for Applying
Silicone-Reflector)

정희석* · 이영식 · 이정근 · 강한림 · 황명근

(Hee-Suk Jeong · Young-Sik Lee · Jung-Geun Lee · Han-Lim Kang · Myung-Keun Hwang)

Abstract

We developed high-efficient 6W-LED package with simple structure by applying Heat Slug and silicone-reflector. LED package was manufactured in 8.5×8.5mm sized multi-chip structure having thickness of 500 μ m achieved by bonding silicon-reflector with prepreg on top of the plate after implementing the reflector placed on copper substrate Half Etching by thickness of 200 μ m. The luminous flux, luminous efficacy, correlated color temperature, color rendering index and thermal resistance of developed LED was evaluated, and it verified the application of products by applying it to 120W-LED road luminaires through simulation. The luminous efficacy of LED package reached over 130lm/W, and it is possible to be manufactured into 120W-LED road luminaires using 18 packages. In addition, the simulation results showed average of horizontal illuminance and overall illuminance uniformity that is suitable for three-lane road.

Key Words : LED, Silicone-Reflector, Heat-Slug, Luminous Efficacy, Optical Characteristics

1. 서 론

1990년대 초 질화물계(Nitride) 청색 LED(Light Emitting Diode)가 상업화에 성공된 이후 가시광 LED 시장을 조성하는 결정적인 역할을 하였다고 볼 수 있다. 현재 가시광 LED에서 가장 중요한 위치를

점하고 있는 InGaN/Sapphire LED 칩은 발광 색상이 자외선, 청색, 녹색을 포함하는 매우 넓은 영역에 걸쳐 있으며 수명과 신뢰성이 탁월하다는 장점을 갖고 있다[1-2]. 현재 LED 패키지의 구조는 조명용으로 사용하기 위해 PCB(Printed Circuit Board)에 부착하기에 적합한 구조를 하고 있는데, 가장 보편화되어 적용되는 구조가 그림 1과 같은 표면실장부품(Surface Mount Device)형 LED로써 PLCC(Plastic Leaded Chip Carrier) 타입의 구조이다[3-4].

LED패키지에 기판이나 리플렉터용 재료로 가장 많이 사용되는 수지는 기계적 강도 및 내열성이 뛰어난 Polyphthalamide(PPA), 액정고분자(LCP), 폴리카보네

* 주(교신)저자 : 한국조명연구원 융합디자인팀 팀장
* Main(Corresponding) author : Korea Institute of Lighting Technology, Convergence Design Team, Team Leader
Tel : 032-670-8888, Fax : 032-670-8889
E-mail : ng119@kilt.re.kr
접수일자 : 2013년 5월 23일
1차심사 : 2013년 6월 11일, 2차심사 : 2013년 7월 21일
심사완료 : 2013년 8월 1일

이트(PC), 비스말레이미드트리아진(BT) 수지 등이 있다. 이들 수지는 리플렉터의 반사율을 높이기 위하여 백색화 할 수 있으며, 복잡한 형태의 작은 형상도 용이하게 제조할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 이들 LED용 패키지 재료의 단점은 단파장의 빛에 의해 변성이 일어날 수 있고 열전도율의 한계가 있다는 것이다. 또한 봉지재와 리플렉터의 물성이 달라 장기적인 신뢰성에서 계면분리가 일어나고 흡습과 경화로 인한 크랙 등이 문제가 되고 있다. 현재 고풍력 LED 패키징 물질로 실리콘 봉지재가 사용되는데 실리콘 봉지재는 기존의 에폭시에 비하여 청색이나 자외선에 내구성이 강하며, 열적으로나 습기에도 매우 강한 면모를 보이고 있다[5].

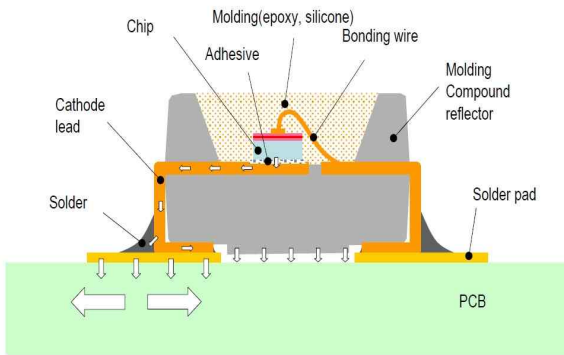


그림 1. SMD LED 패키지 구조
Fig. 1. SMD LED Package Structure

따라서 본 논문에서는 방열을 위한 Heat Slug와 실리콘 리플렉터를 적용한 6W 급의 LED 패키지를 개발하여 완제품 적용 시 LED 패키지 개수를 줄일 수 있도록 광특성을 개선하고 신뢰성을 확보하는데 목적이 있다. 이를 위해 개발된 LED 패키지를 렌즈와 조립하여 120W 급의 가로등기구를 제작한 후, 배광 시뮬레이션을 통한 제품적용에 대해서도 검증하였다.

2. LED 패키지 설계 및 평가

2.1 LED 패키지 설계

LED 패키지는 그림 2와 같이 6W 급의 멀티칩 구조

로 8.5×8.5mm 크기의 구리 기판 위에 청색 LED칩 35개를 7직렬 5병렬로 실장하였다. 사용된 칩은 청색 LED칩으로 주요사양은 표 1과 같다.

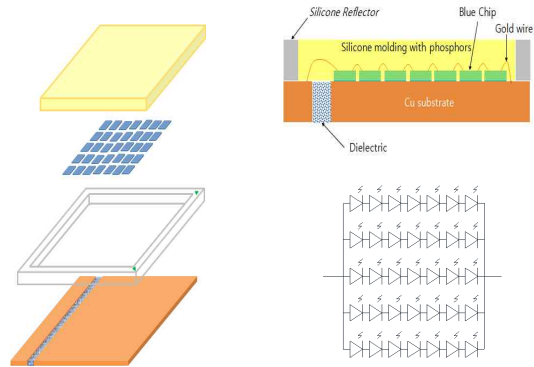


그림 2. 실리콘 리플렉터를 적용한 LED 패키지 구조
Fig. 2. LED Package Structure for applying Silicone-reflector

표 1. 청색 LED 칩 사양
Table 1. Blue LED Chip Specification

Parameter	Condition	Min	Max
Dominant Wavelength nm	If=120mA	440	470
Forward Voltage V	If=120mA	2.9	3.3
Radiometric Power mW	If=120mA	130	170

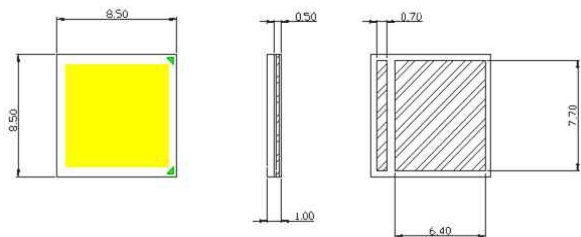


그림 3. 실리콘 리플렉터를 적용한 LED 패키지 도면
Fig. 3. LED Package Schematic for applying Silicone-reflector

LED패키지의 도면은 그림 3과 같다. 기판은 열전도도가 우수한 구리를 사용하였으며, 500 μ m로 가공함으로써 열용량을 보장하여 열저항은 낮추고 광손실을 최소화하였다. 리플렉터는 실리콘 수지와 무기물 소재를 교번적으로 다중 적층한 실리콘 적층시트로 각

도는 90도, 두께는 500 μ m, 반사율은 93%이상이 되도록 제작하였다. 구리 기판 위의 리플렉터 부위만 Half Etching하여 200 μ m를 구현한 후, 실리콘 적층시트를 기판위에 프리프레그(Preimpregnated Materials)로 접착시키는 방법으로 패키지를 제작하였다.

2.2 LED 패키지 특성 평가 방법

실리콘 리플렉터가 적용된 LED 패키지의 광속, 광효율, 평균연색성지수(CRI), 상관색온도(CCT)는 IES LM-79-08(Electrical and Photometric Measurements of Solid-State Lighting Products)에 의한 방법으로 측정을 실시하였다[6]. LED 패키지를 방열판에 부착하여 열적 영향을 최소화하였으며, 직류 전원장치(TOE 8952, TOELLNER社)로 정격전류를 공급하여 전기적 특성 및 광학적 특성의 편차가 0.5% 이하로 안정화 되었을 때 측정하였다. 전류, 전압, 전력, 광속 및 광효율은 Goniophotometer(C-type, PSI社)와 Power analyzer (WT210, Yokogawa社)를 사용하였으며, CRI 및 CCT는 Integrating Sphere (0.5m, PSI社)를 이용하여 측정하였다. 또한 열저항은 EIA/JESD51-1(Integrated Circuits Thermal Measurement Methods)에 의한 방법으로 측정을 실시하였다 [7]. LED 패키지는 40×40mm 크기의 메탈 PCB를 제작하여 실장한 후, 열저항 시험장치(MicReD T3Ster, Mentor Graphics社)를 이용하여 정선-케이스 열저항($R_{\theta JC}$)을 측정하였다.

2.3 LED 패키지 특성 평가 결과

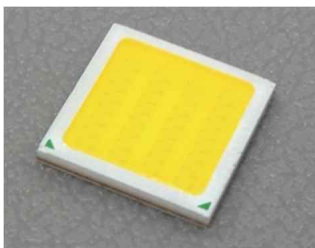


그림 4. 실리콘 리플렉터를 적용한 LED 패키지
Fig. 4. LED Package for applying Silicone-reflector

실리콘 리플렉터를 적용한 LED 패키지의 형상을 그림 4에 나타내었다. LED 패키지는 직류 전원장치로 정격전류 288mA를 공급하여 전류, 전압, 전력, 광속, 광효율, CCT, CRI 및 열저항을 측정하였다.

표 2. LED 패키지 측정 결과
Table 2. Measurement Result of LED Package

구분	P1	P2	P3	P4	P5
전류 [mA]	288	288	288	288	288
전압 [V]	20.2	20.2	21.0	20.9	20.8
전력 [W]	5.8	5.8	6.0	6.0	6.0
광속 [lm]	772	773	793	792	794
광효율 [lm/W]	133.1	133.3	132.2	132.0	132.3
CCT [K]	5,528	5,573	5,558	5,548	5,479
CRI [Ra]	74	74	74	74	74
열저항 [K/W]	2.74	2.80	2.76	2.90	2.60

5개의 시료에 대한 각각의 측정결과를 표 2에 나타내었다. 전력은 5.8~6W이며, 이때 광속은 772~794lm으로 광효율은 132lm/W 이상을 도달하였다. CCT는 5,500K 수준이며 CRI는 74로써 동일하게 측정되었다. 또한 그림 5는 정선-케이스 열저항($R_{\theta JC}$)의 측정결과로 2.60~2.90K/W 측정되었다. 광특성 및 열 특성 측면에서 기존 패키지를 대체할 수 있는 고효율 LED 패키지로서 가로등기구에 적용 가능한 수준으로 평가되었다.

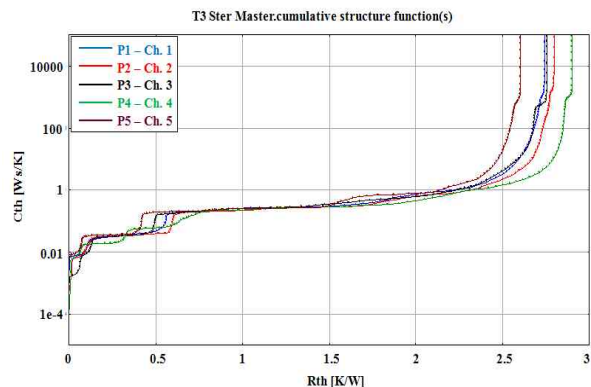


그림 5. LED 패키지 열저항 측정결과
Fig. 5. Measurement Result of Thermal Resistance

3. LED 가로등기구 제작

3.1 LED 모듈 설계 및 렌즈장착

현재 대부분의 LED가로등기구의 경우 1W급의 LED패키지를 사용하며 렌즈 전문제작업체의 기존 렌즈를 조합하여 등기구를 제작하고 있다. 저출력의 LED패키지를 사용하여 가로등기구에서 요구하는 배광설계를 위해서는 PCB의 크기가 커지며, PCB 크기에 따른 방열설계 시 무게에 대해 제한적이다. 따라서 실리콘 리플렉터를 적용한 6W급 LED 패키지를 이용하여 120W급 LED 가로등기구를 제작함으로써 제품 적용에 대해 검증하였다.

제품적용에 사용된 등기구는 기존 120W 급으로 열적 영향을 최소화 하도록 방열판 설계가 충분한 모델로 선정하였다. 모듈 설계는 그림 6와 같이 242×140mm 크기의 PCB에 총 18개의 LED 패키지를 8직렬 6병렬로 배열하였다. 사용된 렌즈는 15mm 크기의 Single cavity 구조로 LED 가로등기구에 적용 가능한 비대칭(Asymmetric)의 배트윙(Bat-wing) 배광을 구현할 수 있도록 제작하여 패키지 위에 장착하였다.

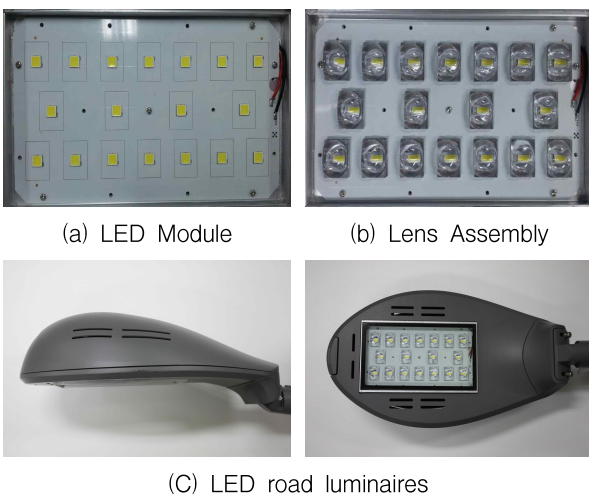


그림 6. 실리콘 리플렉터 LED패키지를 적용한 120W급 가로등기구

Fig. 6. 120W road luminaires for applying Silicone-reflector LED Package

3.2 LED 가로등기구 시뮬레이션 평가

실리콘 리플렉터 LED 패키지가 적용된 120W급 가로등기구를 제작한 후, KS C 7658(LED 가로등 및 보안등기구)을 적용하여 평가하였다[8]. 배광측정 후 IES 포맷파일로 시뮬레이션 소프트웨어(Relux)를 이용하여 등기구 광효율, 평균노면조도 및 종합조도균제도를 평가하였다[9].

시뮬레이션 조건은 표 3과 같으며[10], 도로조건(M3)은 상하행선이 분리되고 교차부는 모두 입체교차로로써, 출입이 완전히 제한되어 있는 고속의 도로, 자동차 전용도로 또는 고속도로이다. 노면조건(R3)은 어두운 색의 혼합재를 갖는 아스팔트 도로 표면으로 차선당 3.5m씩 3차선으로 총 10.5m이다. 등기구 설치조건은 8m 높이에 28m 간격으로 설치되었음을 가정한다.

배광측정 시 직류 전원장치로 정격전류(2.6A)를 인가하였으며, LED 가로등기구 광효율은 102.8lm/W로 측정되었다. 시뮬레이션 결과 평균노면조도는 42.4lx, 종합조도균제도는 0.42로 KS표준에 적합함을 확인할 수 있었다.

표 3. 시뮬레이션 조건
Table 3. Condition of the Simulation

도로조명등급	M3
노면 등급	R3
설치높이(h)	8.0m
조명기구배열	마주보기
오버행(u)	2.0m
경사각도(δ)	5°
등기구 간격(a)	28.0m
도로폭(b)	3차선(10.5m)
보수율	0.75

4. 결 론

방열을 위한 Heat Slug와 실리콘 리플렉터를 적용하여 간단한 구조의 6W급의 고효율 LED 패키지를 개발하였다. LED 패키지는 8.5×8.5mm 크기의 멀티칩 구조로 구리 기판 위의 리플렉터 부위만 Half Etching 하여 200 μ m를 구현한 후, 실리콘 리플렉터를 기판위에 프리프레그로 접착시키는 방법으로 500 μ m 두께로 제작하였다. 개발된 LED 패키지의 광속, 광효율, 평균연색성지수, 상관색온도, 열저항을 평가하였으며, 120W급의 LED 가로등기구에 적용하여 배광 시뮬레이션을 통해 제품적용에 대해서도 검증하였다. LED 패키지는 130lm/W 이상의 광효율을 달성했으며, 18개의 패키지를 사용하여 120W급의 LED 가로등기구 제작이 가능하다. 또한 시뮬레이션 결과 3차선 도로의 평균노면조도 및 종합조도균제도에 적합함을 확인할 수 있었다. 향후 환경 및 수명시험을 통해 신뢰성 확보에 대한 추가적인 실증시험이 고려되어야 할 것이다.

References

- [1] J. H. Youk, D. W. Hong, and S. J. Lee, "Basic Design Guidelines for LED Lamp Packages", Korean J. Opt. Photon. Vol. 22, No. 3, pp. 141-150, Jun. 2011.
- [2] T. Mukai, M. Yamada, and S. Nakamura, "InGaN-based uv/blue/green/amber LEDs," Proc. SPIE. Vol. 3621, pp. 2-14, Apr. 1999.
- [3] ITSWELL, Technical Datasheet, IWD-T090908-001, Sep. 2009.
- [4] W. J. Jang, M. K. Hwang, J. S. Lee, LED Lighting Control, Seoulbooks, pp. 133-161, 2011.
- [5] M. H. Shin and J. P. Kim, Introduction to LED Packaging Technology, Bookshill, pp. 86-112, 2009.
- [6] IES LM-79-08, Electrical and Photometric Measurements of Solid-State Lighting Products, 2008.
- [7] EIA/JESD 51-1, Integrated Circuits Thermal Measurement Method, 1995.
- [8] KS 7658, LED Luminaires for Road and Street Lighting, 2011.
- [9] M. K. Hwang, S. H. Ahn, K. H. Ban, S. W. Baek, Optic Design Theory and Applications of LED Lighting, A-JIN, pp. 16-24, 2010.
- [10] Relux Professional 2007 Manual.

◇ 저자소개 ◇



정희석(鄭熹錫)

2002년 광운대학교 전기공학과 졸업. 2009년 광운대학교 전자물리학과 졸업(석사). 2002년~현재 한국조명연구원 연구개발본부 융합디자인팀 팀장. 본 학회 정회원.

E-mail : ng119@kilt.re.kr



이영식(李永植)

2001년 전주대학교 산업공학과 졸업. 2001~2003년 에이피 개발팀. 2003~2008년 럭스피아 연구소. 2008년~현재 솔레즈 연구소 수석연구원.

E-mail : goldlover@solleds.com



이정근(李汀根)

2005년 순천향대학교 컴퓨터공학과 졸업. 2008년~현재 한국조명연구원 연구개발본부 융합디자인팀 연구원. 본 학회 정회원.

E-mail : junggeun2@kilt.re.kr



강한림(姜漢林)

2008년 광운대학교 전자물리학과 졸업. 2013년 광운대학교 전자물리학과 졸업(석사). 2012년~현재 한국조명연구원 연구개발본부 융합디자인팀 연구원. 본 학회 정회원.

E-mail : hlkang@kilt.re.kr



황명근(黃明根)

1988년 서울과학기술대 졸업. 1991년 한양대 졸업(석사). 2004년 인하대 졸업(박사). 현재 한국조명연구원 연구개발본부 본부장/수석연구원. 2009년~현재 부천LED조명RIS사업단 단장. 2008~2010년 한국산업기술대학교 겸임교수. 2003~2006년 세종대학교 겸임교수. 국제조명위원회(CIE)한국위원회 부회장. 2007년 2월~2007년 9월 지식경제부 THE-7 Runners 조명분과 기획위원장. 현재 대한전기학회 C분과 편집위원. 2006년 1월~현재 본 학회 이사 및 LED/OLED조명기술연구회 위원장.

E-mail : mkhwang@kilt.re.kr