

COH 형 LED 패키지를 이용한 가로등 생산공정에 관한 연구

A Study on Manufacturing Processes of Street-lighting System using COH LED Package

이종항^{1,✉}, 양근주²
Jong Hang Lee^{1,✉} and Keun Ju Yang²

¹ 한국산업기술대학교 기계공학과 (Department of Mechanical Engineering, Korea Polytechnic Univ.)

² 코스모인 (COSMOIN Ltd.)

✉ Corresponding author: ljh@kpu.ac.kr, Tel: +82-31-8041-0403

Manuscript received: 2012.9.25 / Accepted: 2012.12.6

Recent high oil price results in the development of energy saving technology such as LED lighting system. Street-lighting system using COH LED package can save energy because the heat dissipation through copper base is better than conventional technology. Studies on manufacturing processes of lighting system are insufficient even though LED package design and its heat analysis have been studied. This study focuses on the problem and solution of manufacturing processes such as LED packaging process, optimized emission angle, and LED bar dimension for mechanical assembly. As a result, we established better manufacturing alternatives of LED packaging and street-lighting system with higher lighting efficiency of 84 lm/W, as well as good illumination intensity of 39.7 lux at 6 m from lighting source.

Key Words: Street-lighting (가로등), LED (발광다이오드), COH Package (COH 패키지), Manufacturing Processes (생산공정), Problem and Solution (문제와 해결방안)

1. 서론

최근 고유가 시대로 인하여 에너지 절약을 위한 기술개발들이 활발히 진행되고 있다. 특히 발광다이오드(Light emitting diode, LED)에 대한 연구는 일반조명을 대체하기 위하여 많은 기업들에서 이루어지고 있으며, 그 기술의 진보 또한 괄목할 만하다. 그러나 현재 주류를 이루고 있는 LED 패키지들은 대부분 표면실장기술(Surface mount technology, SMT) 공정이 적용¹되고 있다. 이 구조는 열병목 현상에 의한 방열문제로 인해 장기적인 LED Chip의 신뢰성에 영향을 받는다. 이를 개선하고자 COB(Chip on board) 형태의 LED 패키지 구조가 제안되었으나, 이 구조도 열전도도가 상대적

으로 떨어지는 절연층이 설계되어 있어, LED 소자에서 발생된 열이 외부로 방출되는 능력이 저하된다. 이를 다시 개선하고자 절연층이 제거된 COB 패키지구조가 제안²되었다.

Hong²의 연구에 따르면, LED 소자와 금속 Base 사이에 있는 절연층을 감소시키면 칩에서 발생된 열이 금속 Base로 용이하게 방출됨을 보여 주었다. 특히, 그는 SMT 기술이 적용된 LED의 온도는 131 °C, 기존 COB형 LED의 온도는 127 °C이며, 기존 COB형 LED보다 절연층을 대폭 줄인 구조의 LED의 온도가 약 105 °C로 감소됨에 따라 광출력이 증가될 수 있음을 시뮬레이션을 통해 보여 주었다.

이광석³은 열방출 금속판을 부착한 LED 패키지

를 설계하여 그 특성을 해석한 결과, 0.2 W 인가 시 열방출 금속판의 부착으로 junction 온도를 18 K 낮추고 열저항 값을 75 K/W 미만으로 떨어뜨려 방열 효율이 개선됨을 보여 주었다.

이문호와 김영주⁴는 Metal PCB 기판의 절연층에 의한 방열성능저하 문제를 보완하기 위해 부분적인 알루미늄 산화막을 적용했다. 부분 산화막 형성은 LED 칩에서 발생하는 열이 LED 패키지 내부의 리드 프레임을 통해 절연층이 삭제된 메탈쪽으로 직접 전달될 수 있게 한다. 이는 방열관점에서 LED 모듈의 전체 열저항을 감소시키며, 이러한 방열성능향상을 열특성 시뮬레이션을 통해 증명했다.

상기와 같은 LED 소자에 대한 연구 외에 이를 이용한 조명시설에 대한 것은 다음과 같다. 강제훈⁵은 옥외용 LED 램프 수명을 증대시키기 위해 냉각 모듈을 설계하여 열유동해석을 수행한 결과, 냉각핀의 개수가 28 개, 형성각도가 20 도일 경우 상대적으로 가장 효율적인 냉각작용이 이뤄진다는 것을 보여주었다. 한편, 정태성⁶은 LED 조명용 히트싱크 방열기의 냉각성능에 대하여 연구하였다. 그는 LED 입력전력의 약 80%가 열로 변환된다고 주장하였다.

상기와 같이 일반적으로 LED 소자에 대한 열 해석, 그리고 이를 이용한 조명등 기구설계에 대한 연구들이 진행되었으나, 제품 생산 시 중요한 LED 소자 자체의 생산공정과 이를 이용한 조명등(또는 가로등)의 생산공정에 대한 연구들은 관심부족 등으로 인하여 매우 미진하다. 따라서 본 연구에서는 일부 절연층이 남아 있는 COB 형 LED와는 달리, 절연층이 완전히 제거된 COH(Chip On Heat-sink)형 LED 패키지를 생산하기 위한 공정과 그 과정에서 발생하는 각종 문제점을 도출하고, 그 해결방안을 제시하고자 한다.

또한, 에너지소비가 많은 가로등은 야외에서 사용되므로 조도, LED 칩의 열방출에 따른 광출력 저하, 그리고 방수 등 사용환경과 관련된 문제의 해결이 필요하다. 따라서 COH 형 LED 패키지를 이용한 가로등시스템의 개발에 필요한 설계값들과 각종 생산공정들에 대해서도 연구하였다.

2. COH 형 LED 패키지 및 가로등 생산공정의 문제점

2.1 COH 형 LED 패키지 생산공정

2.1.1 COH 형 LED 패키지 구조설계

COH 형 LED 패키지의 구조는 Fig. 1 과 같

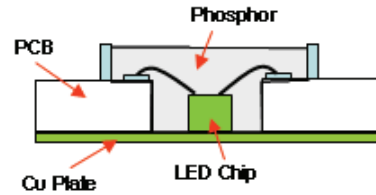


Fig. 1 COH LED package structure

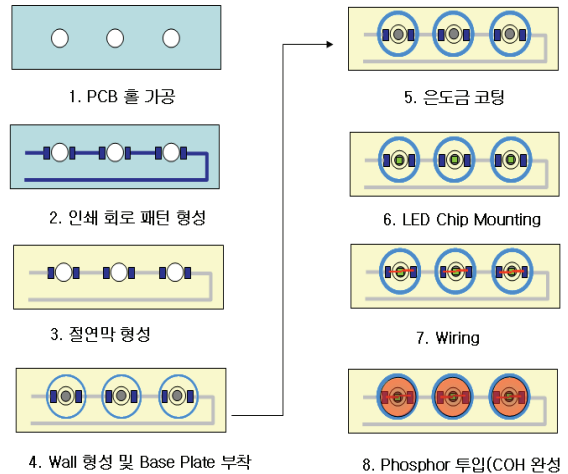


Fig. 2 COH LED package production processes

다. Metal Core(절연층이 없는 LED 칩 설치 장소) 위에 LED 칩을 직접 실장 시킨 점이 일반적인 LED 패키지와는 다르다. 따라서 칩에서 발생된 열이 즉시 Metal Core 를 통해 외부로 방출되므로 광효율이 개선된다.

Metal Core 는 구리판(Cu Plate)을 사용하였으며, 형광체(Phosphor)를 가두기 위한 격벽(Wall)은 PSR (Photo Solder Resist)를 이용하였다. COH 형 LED 패키지의 제작 공정은 Fig. 2 와 같다.

2.1.2 COH 형 LED 패키지 생산공정의 문제점

COH 형 LED 패키지는 금속판 위에 LED 칩을 실장시켜야 하므로 외부로 노출된 Metal PCB 위에 LED 칩과 와이어를 납을 이용하여 부착해야 한다. 그러나 Metal PCB 위에 납을 직접 부착하기가 어렵기 때문에 노출된 Metal PCB 표면에 Ni/Ag 도금할 필요가 있다.

이 도금과정에서 Bonding PAD 부위와 칩 실장 부위의 Ni/Ag 도금이 균일하지 못하거나 도금층이 박리된 사례가 Fig. 3 이다. Fig. 3 과 같은 도금 불량 이 발생되면 LED 칩의 실장 불량 및 와이어가 부



Fig. 3 Samples of poor plating

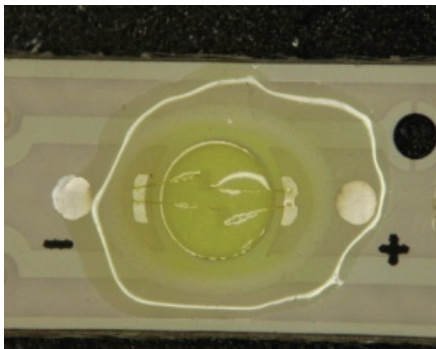


Fig. 4 Sample of overflowed phosphor by poor deposited wall

착되지 않는 문제가 발생된다. 또한, 형광체를 가두기 위해서는 적층된 격벽의 높이가 균일하고 일정한 값(보통 100 μm 이상)이 되지 않으면, Fig. 4와 같이 형광체가 흘러 넘치는 현상이 발생된다.

2.2 가로등 생산공정

2.2.1 가로등 설계

본 연구에서는 가로등의 구조를 Fig. 5와 같이 설계하였다. LED 프레임은 0.1 W 급의 COH 형 LED Chip과 이들을 지지해 주는 알루미늄 바, 그리고 구면렌즈들로 구성되어 있다.

LED 프레임의 배열은 서로 독립된 구조로 하여 자연대류를 통하여 열이 외부로 빠져 나갈 수 있도록 설계하였다. LED 바에서 SMPS 전원을 분리설계 함으로서 전원에서 발생하는 열이 LED에 미치는 영향이 최소화 되도록 하였다.

2.2.2 가로등 생산공정의 문제점

LED 소자를 바에 배열(세로축)시키고, 이 바들을 가로축에 배치시키면 평면광원이 된다. 이 평면

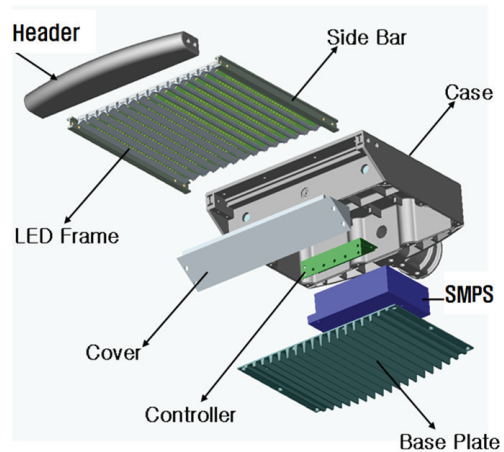


Fig. 5 Structure of LED street-lighting system

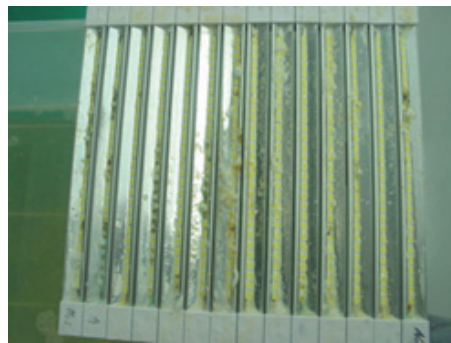
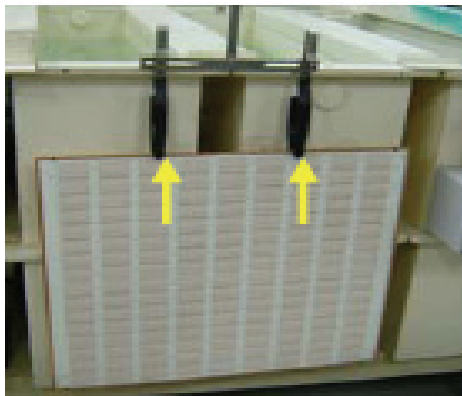


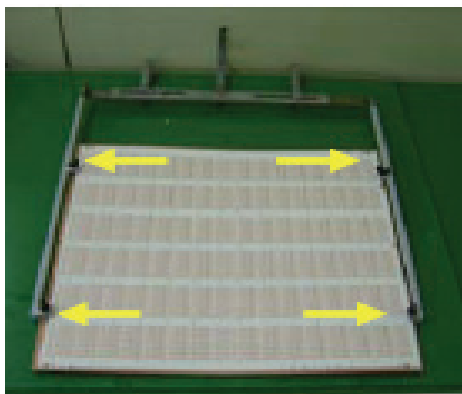
Fig. 6 Damaged LED bar (yellow area)

광원을 가로등에 이용할 경우 다음과 같은 문제점이 고려되어야 한다.

첫째로, 야외 사용시 염수를 포함한 방수 및 방진이 필요하다. 일반적으로 IP 66 또는 IP 68 급 이상이어야 하나, 해안가에 설치되는 점도 고려하면 염분에 의한 방수문제도 해결되어야 한다. Fig. 6은



(a) 2 points current supply



(b) 4 points current supply



(c) Good plating of installed spot for LED chip
Fig. 7 Good plating result by modified plating system

불충분한 방수(옥의 사용)로 인하여 LED 소자에 변색이 발생된 것을 보여준다. 여기서 변색은 LED 소자의 형광체가 타서 기능이 저하된 것이다.

둘째로, 평면광원의 기능을 수행하기 위한 빛의 적절한 퍼짐과 관계된 최적의 방사각이 필요하다. 일반적으로 최적의 방사각 θ 은 가로축 또는 세로축 중에서 어느 한쪽이 50~55 도가 되면 가로등으로서 충분한 기능이 수행된다고 알려져 있다.

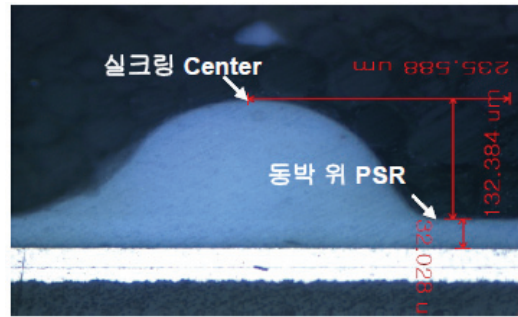


Fig. 8 Measurement of wall



Fig. 9 COH LED products

3. COH 형 LED 패키지 및 가로등 생산공정의 문제점 해결방안

3.1 COH 형 LED 패키지 생산공정

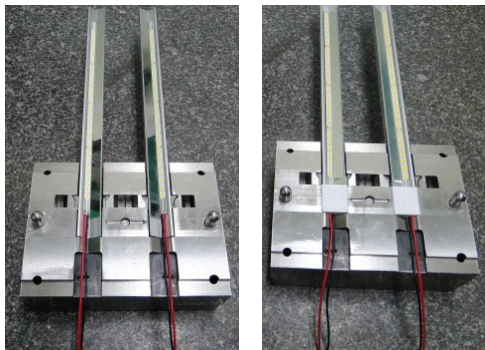
Fig. 3 및 Fig. 4 와 같은 문제점을 해결하기 위하여 Fig. 7 과 같이 지그 및 고정구를 이용하여 도금조의 랙(Rack) 집점방식을 2 점(a)에서 4 점(b) 인가 방식으로 변경하였다. 또한, 인가되는 전류량을 조정하여 Bonding PAD 의 도금 불균일에 따른 와이어 부착 불량문제를 해결하였다.

격벽 적층 시 사용되는 인쇄판을 정밀하게 제작하여, Fig. 8 과 같이 격벽의 높이가 130 μm 이상 확보함으로써 형광체의 홀러 넘침에 의한 불량문제를 해결하여 생산수율을 향상시킬 수 있었다.

따라서 이들 생산공정 상의 여러 문제점들을 해결하여 COH 형 LED 패키지를 양산할 수 있는 생산공정을 확보하였으며, Fig. 9 와 같이 양호한 COH 형 LED 바를 제작할 수 있었다.

3.2 가로등 생산공정

가로등 개발과정에서 수반된 여러 가지 문제점들을 해결하였다. 대표적인 것으로 IP 68 을 만족하기 위한 LED 방수문제는 고무 캡, 특수방수제의



(a) Before molding (b) After molding

Fig. 10 Mold for IP 68 dust and water protection

Table 1 Testing results of LED bar in saltwater

Operat. Time (hr)	Coating Thickness	Coating Thickness	Coating Thickness	Coating Thickness
	20 μm	40 μm	60 μm	80 μm
1	Vapor	Normal	Normal	Normal
6	N.O.	Vapor	Normal	Normal
9	N.O.	Vapor	Normal	Normal
10	N.O.	Vapor	Vapor	Vapor
58	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.

(주) N.O. : Non-operating of LED bar

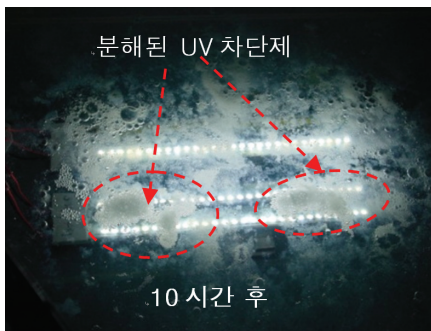
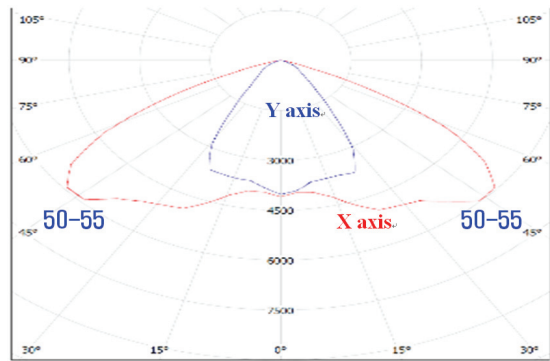


Fig. 11 Testing result of LED bar after 10 hrs in saltwater

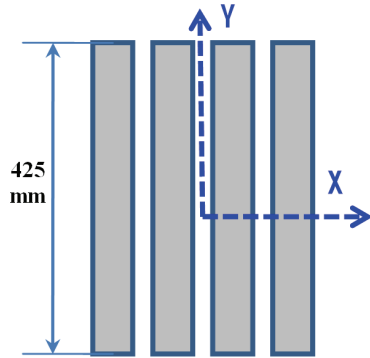
도포, 폴리머 몰딩처리(Fig. 10 몰딩금형)와 같은 방법을 이용하였다.

Table 1 은 가로등을 해안가에 설치할 때 염분에 의한 UV 코팅제 분해특성을 파악한 것이다. 실험은 염수에 담긴 상태에서 가혹조건(LED Bar 0.95 A 인가, 정격전류: 0.80 A)하에서 수행하였으며, 시료에 특수 코팅과 UV 차단제 20 ~ 80 μm 을 도포하였다.

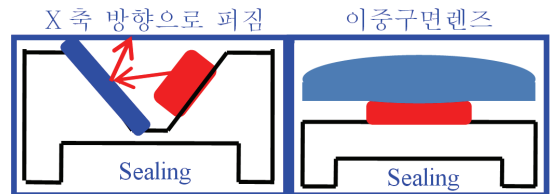
실험결과, Table 1 및 Fig. 11 과 같이 60 μm 이상의 코팅 두께에서 10 시간 동안 안전하게 점등하였



(a) Reference of light emission angle



(b) Arrangement of LED bars



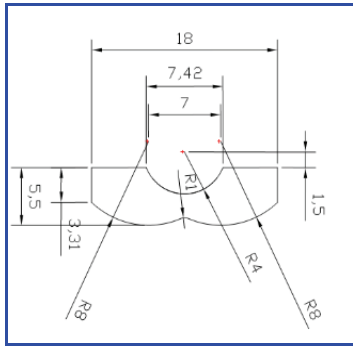
(c) Cross-section of angle and flat LED bars

Fig. 12 Light emission angle reference of LED bar

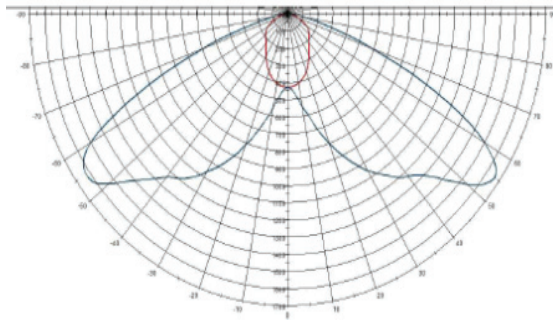
으므로 가로등 개발 시 이 결과를 설계기준으로 정하였다.

최적의 방사각을 갖도록 LED 바 모듈(모듈설치 및 구면렌즈)을 설계하기 위하여 다음과 같은 실험⁸을 수행하였다. 앞 단에 렌즈를 설치하기 위해서는 평판 바 프레임(Fig. 12(c) Case 2)의 경우가 각도 바 프레임 (Fig. 12(c) Case 1)보다 우수하다. 그러므로 각도 바 프레임의 방사각 실험데이터를 이용하여 평판 바에 설치 될 이중구면렌즈의 설계치수를 결정하고, 조립성을 고려하여 평판 바와 이중구면렌즈를 조립하는 방식으로 설계하였다.

Fig. 12(b)와 같이 425 mm 크기의 LED 바를 배열



(a) Dimension of double type spherical lens bar



(b) Measuring emission angle of 55 degree when double type spherical lens bar is applied

Fig. 13 Lens design result to optimize emission angle

하여, 메탈할라이드 램프광원의 휘도기준(Fig. 12(a))에 적합한 50 ~ 55 도의 방사각이 되기 위해서는 Fig. 13(a)와 같은 이중구면렌즈 바가 필요하다.

이중구면렌즈를 평판 LED 바의 앞 단에 설치(Fig. 12(c) Case 2)하여 방사각을 측정된 결과가 Fig. 13(b)이다. 목표로 한 설계기준 방사각(좌우 55 도)이 만족 되었으므로 이를 가로등에 이용하면 최적화된 가로등 제작이 가능하다.

Fig. 14 는 LED 바의 조립폭에 따른 온도변화 특성을 파악한 실험결과이다. 실험조건은 주위온도 $28 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ 에서 전류 20 mA 를 LED 바에 인가하여 7 개 바의 중앙부를 측정된 결과이다. 이때 조립폭을 19 mm 에서 2 mm 간격으로 변화시키면서 온도를 측정 하였다.

실험결과, LED 바의 간격을 줄일수록 LED 의 설치 수가 증가하여 광량은 증가하나 LED 의 온도가 증가 하여 광효율이 떨어진다.

역으로 LED 바의 간격을 증가시키면 LED 의 온도는 감소하여 광효율은 개선되지만 기준 조도값을 만족시킬 수 없었다. 따라서 목표 조도값을

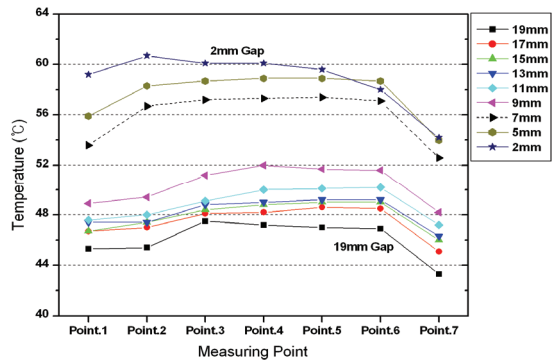


Fig. 14 Temperature characteristics according to gap between LED bars



Fig. 15 Developed street-lighting system with the weight of 3.1 kg

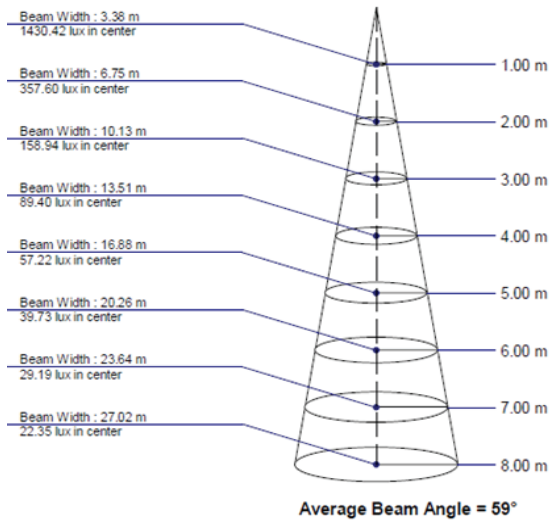


Fig. 16 Conical illumination intensity of street-lighting system

고려하고, LED 에서 측정된 온도값이 낮도록 LED 바의 간격을 정하면, 본 실험에서는 LED 바 간격이 7 mm (9 mm 간격은 조도값 부족)임을 알 수 있었다.

상기의 설계과정과 생산공정을 거쳐 제작된 가로등이 Fig. 15 이다. 전체무게가 3.1 kg 인 경량화 구조의 가로등임을 볼 수 있다.

제작된 가로등의 성능을 시험한 결과,^{8,9} Fig. 16 과 같이 광원에서 6 m 떨어진 지점에서의 중심조도가 39.7 lux 의 성능을 보여 주었다. 광효율은 84 lm/W 로 측정되었다.

4. 결론

광효율이 우수한 COH 형 LED 패키지를 양산할 수 있는 생산공정을 확보하였다. 뿐만 아니라 개발과정중 발생된 여러 문제점들도 성공적으로 해결할 수 있었다. 광원으로부터 6 m 떨어진 지점에서 중심조도가 39.7 lux 이고, 광효율이 84 lm/W 인 가로등을 성공적으로 개발하였다.

개발된 COH 형 LED 바를 광원으로 이용하면 향후 방열특성이 우수한 다양한 일반조명등 기구를 제작할 수 있을 것이라 기대된다.

참고문헌

1. Huber, R., "Thermal management of golden Dragon LED," Osram, Opto Semiconductors, Application Note, pp. 1-11, 2008.
2. Hong, D. W., "A Study on High Power LED Lamp Structures," Korean Journal of Optics and Photonics, Vol. 21, No. 3, pp. 118-122, 2010.
3. Lee, K. S., Kim, J. W., Yoon, D. H., Kwon, Y. N., and Jang, S. P., "Thermal Analysis of 0.3 W Single-chip LED Packages," Proc. of KSPE Spring Conference, pp. 1117-1118, 2010.
4. Lee, M. H. and Kim, Y. J., "Structural Design of Metal PCB and Thermal Analysis Improving the Thermal Dissipation of LED Lighting," Proc. of KSPE Spring Conference, pp. 515-516, 2010.
5. Kang, J. H., "Optimum Design of Heat Sink Module for LED Lamp," Proc. of KSPE Spring Conference, pp. 421-422, 2010.
6. Jung, T. S. and Kang, H. K., "Evaluation on the Cooling Performance to Design Heat sinks for LED lightings," J. Korean Soc. Precis. Eng., Vol. 29, No. 7, pp. 778-784, 2012.
7. Korea Agency for Technology and Standards, "LED Luminaires for Road and Street Lighting-Safety and

Performance Requirements," KS C 7658, 2009.

8. Yang, K. J. and Lee, J. H., "A Study on Manufacturing Processes of LED Street-lighting System," Proc. of KSMTE Spring Conference, pp. 421-422, 2012.
9. Yang, K. J. and Lee, J. H., "Final Report of Business for Academic-industrial Cooperative Establishments," SMBA, pp. 25-49, 2012.