

7.5 W CMP-PLA 방열판을 적용한 LED 등기구 특성

김영곤^{1,a}

¹ (주) 이노셈코리아

Characteristics of LED Lighting Device Using Heat Sinks of 7.5 W CMP-PLA

Young-Gon Kim^{1,a}

¹ INNOCEM KOREA Co., Ltd., Gwangju 500-470, Korea

(Received October 30, 2013; Accepted November 24, 2013)

Abstract: In this paper, the characteristics of a carbon nanotube composite heat sink proposed to replace the advanced Al heat sinks for LED lighting devices were studied. Proposed CMP-PLA heat sink was made by mixing 20~70 wt% carbon nanotube, 20~70 wt% bio-degradable polymer of melt-blended PLA (poly lactic acid) and PBS (poly butylene succinate) and PLA nucleating agents composed of the mixture of soybean oil and biotites, at 150~220°C with 1,000~1,500 rpm. Optical and electric characteristics of 7.5 W LED lighting devices using heat sinks with such prepared CMP-PLA were investigated. And, the properties of the heat, which was not released from the CMP-PLA type heat sinks, was also investigated. The color temperature of LED lighting devices using the CMP-PLA heat sinks was 5,956 K, which is $x=0.32$ and $y=0.34$ in the XY chromaticity, and the color rendering index was 75. The luminous flux and the luminous efficiency of LED lighting devices using the CMP-PLA heat sinks was 540.6 lm and 72.68 lm/W respectively. Measured initial temperature of the heat sinks was 27°C, and their temperature increased as time to be saturated at 52°C after an hour.

Keywords: CMP-PLA, Heatsink, Thermal conductivity, Luminous efficiency, Color rendering index

1. 서 론

LED (light emitting diode), 발광 다이오드는 화합물 반도체 단자에 전류를 흘려서 전자와 홀을 결합시켜 빛을 방출하는 소자이다. 이러한 LED는 최근 들어 조명 시장산업의 발전이 가시화되면서 다양한 분

야에서 사용되고 있다. 또한, 기존 조명기기 뿐만 아니라 휴대폰, 대형 LCD용 BLU, 자동차 헤드램프, 프로젝터 등으로 실용화 되고 있으며 그 용도가 점차 확대되고 있다 [1,2]. LED 조명기기의 핵심 기술은 고효율 광원, 방열판, 고 역률 전원, 반사 등이 있으며, 특히 LED 광원의 열을 방출하기 위한 방열판 제작이 핵심이다. LED 칩은 발광 효율이 높아졌지만, 아직 LED 칩의 발열량은 상당한 수준으로 LED 칩의 온도가 높아져 칩 자체 또는 패키징 수지가 열화하게 되어 발광 효율의 저하와 칩의 수명을 단축시킨다. 또한 LED 조명 기기의 온도 상승 시 광 출력 감소,

a. Corresponding author; o9911146@naver.com

Copyright ©2013 KIEEME. All rights reserved.
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.

출력 빛의 파장 증가 (red shift), 열응력 발생에 의한 bond wire 파손, 열응력 발생에 의한 접합부 박리, 에폭시 렌즈 항변, solder부 파괴 등의 심각한 문제를 야기함으로써 조명기구의 수명 감소를 야기한다. 반도체 소자의 경우에는 사용온도가 10°C 증가됨으로써 그 수명은 70~75%로 감소되어진다. LED의 고유 기능인 고효율, 장 수명을 위해서는 칩의 열을 외부에 방출시키기 위한 방열기술을 확보하는 기술 개발이 시급하다 [3-5]. 본 연구에서는 방열 소재로서 카본알루미늄 복합 소재를 사용하였다. 카본 알루미늄 복합 소재를 사용하는 가장 큰 이유는 방열판의 전체적인 부피와 체적을 크게 줄여 경량화를 유도하고자 하며, 또한 제품의 생산 원가를 대폭 절감하고자 한다. 또한 카본알루미늄 복합소재의 방열봉들을 이용하여 방열을 실시하게 되면 알루미늄 대비 동일 체적 당 2~3배의 방열 효율을 향상시킬 수 있는 장점을 가지고 있다 [6]. 또한 방열판 몸체를 합성수지를 통해 사출 성형하여도 카본알루미늄 복합소재를 이용하여 성형한 수개의 방열봉을 통해 발광다이오드에서 발생하는 열을 충분히 방열시켜 줄 수 있어 무게가 가볍고 저가의 파워 발광다이오드형 조명기구를 구현할 수 있고, 설계를 다양화시킬 수 있다.

본 연구에서는 방열소재인 카본 알루미늄 복합소재의 특성을 고찰하고, 이를 이용한 파워 발광다이오드형 조명기구의 특성에 관하여 연구하였다.

2. 실험 방법

2.1 CMP-PLA형 방열모듈의 구성 및 제조 방법

CMP-PLA형 방열모듈은 20~70 wt%의 탄소나노튜브와 PLA (poly lactic acid)와 PBS (poly butylene succinate)를 멜트 블렌딩 (melt-blending)한 생분해성 20~70 wt%의 고분자와 대두유를 혼합하여 조성된 10~20 wt%의 오일과 80~90 wt%의 흑운모 (biotite)를 혼합으로 하여 조성한 5~10 wt%의 PLA 결정화 핵제를 150~220°C에서 1,000~1,500 rpm의 속도로 교반하여 CMP-PLA 방열소재를 제조한다. 여기에서 생분해성 고분자는 70~95 wt%의 PLA (poly lactic acid) 5~30 wt%의 PBS (poly butylene succinate)를 175~180°C에서 80~120 rpm의 교반속도로 30초~90초 동안 교반하여 멜트 블렌딩 (melt-blending) 한다.

2.2 LED 등기구의 구성

제조되어진 CMP-PLA형 방열소재를 이용하여 CMP-PLA형 방열부를 사출 성형하여 제작한다. CMP-PLA형 방열모듈은 외압으로부터 각 기기를 보호하고 지지하는 LED 등기구 몸체와 LED 등기구 몸체 일측에 돌출핀이 형성되어 접속 콘센트에 접속되는 LED 등기구 소켓부가 있다. 이로부터 전원을 인가받아 LED등기구 커버로 LED 불빛을 발광시키는 LED 모듈과 접촉하면서, LED 모듈에서 나오는 열을 방열시키는 부분으로 구성되어 있다. 또한 LED 등기구용 방열모듈과 접촉되어 에워싸고 있는 LED 등기구 커버로 구성되어 있고, 이는 LED 모듈에서 나오는 불빛을 외부로 반사시키는 역할을 한다.

제조한 CMP-PLA형 방열판을 이용한 7.5 W LED 등기구의 광학적 특성과 전기적 특성은 2 m 적분구로 고찰하였다. 또한 CMP-PLA형 방열판에서 방출되어지는 열 특성은 DATA Recorder (MV2000; Yokogawa Co., Japan)을 사용하여 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

표 1은 CMP-PLA 방열판을 적용한 LED 등기구의 전기적 특성을 나타내었다. 또한 CMP-PLA 방열판을 적용한 LED 등기구의 특성 검증을 위한 일반적으로 사용되어진 AI 방열판을 적용한 LED 등기구와의 색 특성을 비교하였다. 결과에서 볼 수 있듯이, CMP-PLA 방열판을 사용한 LED 등기구의 색 온도는 XY Chromaticity 다이어그램 상에서 $x=0.32$, $y=0.34$ 으로 약 5,956 °K 색 온도를 나타냈으며, AI 방열판을 사용한 LED 등기구의 색 온도 보다 약간 높음을 알 수 있다. 또한 CMP-PLA 방열판을 사용한 LED 등기구의 연색지수는 75를 나타내었으며, AI 방열판을 사용한 경우보다 다소 낮은 값을 나타내었다. 일반적으로 연색지수는 방출되어지는 빛의 스펙트럼 대역폭과 주파장과 관계가 있다. 두 방열판을 사용한 LED 등기구의 경우 주파장의 범위와 대역폭의 차이 때문에 연색지수가 다르게 나타났다고 판단되어진다.

3.1 CMP-PLA형 방열모듈의 구성 및 제조 방법

CMP-PLA형 방열모듈은 20~70 wt%의 탄소나노튜브와 PLA (poly lactic acid)와 PBS (poly butylene

Table 1. Comparison of optical characteristics.

Parameter	Al Heat sink	CMP-PLA Heat sink
	Value	Value
CIE x	0.3430	0.3219
CIE y	0.3639	0.3481
Correlated Color Temperature	5,108 K	5,956 K
Color Rendering Index	77.32	75.05
Dominant Wavelength	565.8 nm	510.8 nm
Peak Wavelength	455 nm	456 nm
Center Wavelength	555.09 nm	543.92 nm

succinate)를 멜트 블렌딩 (melt-blending)한 생분해성 20~70 wt%의 고분자와 대두유를 혼합하여 조성된 10~20 wt%의 오일과 80~90 wt%의 흑운모 (biotite)를 혼합으로 하여 조성한 5~10 wt%의 PLA 결정화 핵제를 150~220°C에서 1,000~1,500 rpm의 속도로 교반하여 CMP-PLA 방열소재를 제조한다. 여기서 생분해성 고분자는 70~95 wt%의 PLA (poly lactic acid) 5~30 wt%의 PBS (poly butylene succinate)를 175~180°C에서 80~120 rpm의 교반 속도로 30초~90초 동안 교반하여 멜트 블렌딩 (melt-blending) 한다.

표 2는 CMP-PLA 방열판을 적용한 LED 등기구의 전기적 특성과 Al 방열판을 적용한 LED 등구의 특성을 비교해서 나타내었다. CMP-PLA 방열판을 사용한 LED 등기구의 전류, 전압, 전력, 역률 특성은 기존 Al 방열판을 사용한 LED 등기구 특성과 매우 유사하였다. 그러나 CMP-PLA 방열판을 사용한 LED 등기구의 전광선속과 평균 광효율은 Al 방열판을 사용한 LED 등기구의 특성과 매우 유사하였다. 이러한 결과는 방열판의 방열 효율과 관계있다고 판단되어지며, 방열 효율의 향상으로 광효율이 증가하였다고 판단되어진다.

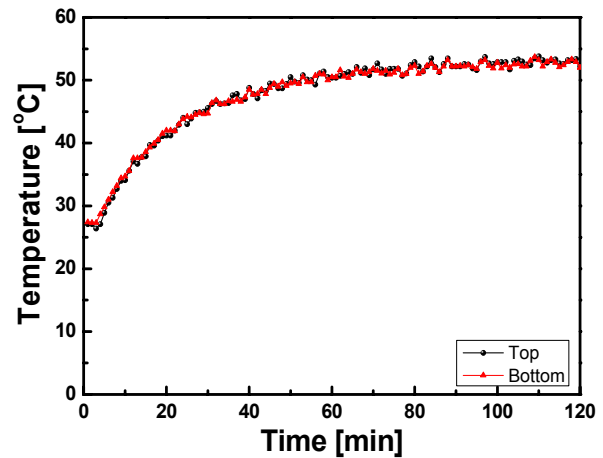
그림 1은 CMP-PLA 방열판을 적용한 LED 등기구에서 초기부터 2시간 동안 방출되어지는 온도 변화를 측정하여 나타내었다. 방열판에서 측정되어지는 초기 온도는 27°C이었으며, 시간이 지날수록 방열판에서 측정되어지는 온도는 증가되어졌다. 그러나 1시간 이상 지나면서 방열판에서 측정되어지는 온도는 52°C로 포화되었다.

Table 2. Comparison of electrical and optical characteristics.

Parameter	Al Heat sink	CMP-PLA Heat sink
	Value	Value
Voltage	220.9 [V]	220.7 [V]
Current	39.71 [mA]	35.64 [mA]
Power	7.87 [W]	7.44 [W]
Power Factor	0.909	0.9457
Total Flux	431.95 [lm]	540.61 [lm]
Luminance Efficiency	54.92 [lm/W]	72.68 [lm/W]

Table 3. Specification of components.

Material	Density [kg/m ³]	Specific Heat [J/kg·K]	Conductivity [W/m·K]
Al Heat-Sink	2,700	900	340
CMP-PLA Heat-Sink	1,650	1,100	3.01

**Fig. 1.** Thermal test results of CMP-PLA heat sink.

방열판의 상부와 하부의 온도 변화는 거의 유사하였으며, 이러한 결과는 LED 등기구의 방열 특성을 더욱 효율적으로 재연할 수 있다고 판단되어진다.

표 3은 CMP-PLA 방열판을 적용한 LED 가로등 온도 분포의 검증에 위한 Al 방열판의 비열 (specific heat), 열전도도 (conductivity), 밀도 (density) 등의 특성을 고찰하였다. CMP-PLA 방열판의 밀도는 Al 방열판의 59%이지만, 비열은 Al 방열판 경우보다 다소 높으며, 열전도도는 0.88%에 해당한다. 이러한 결

과는 CMP-PLA 방열소재와 AI 방열소재의 제작 방법의 차이 때문에 생기는 결과라고 판단되어지며, 같은 제조 방법을 사용한다면 이러한 특성 차이는 줄어들 것이라고 판단되어진다.

4. 결론

본 연구에서는 차세대 AI 방열소재를 대체하기 위하여 탄소나노튜브 복합체를 방열소재로 제안하고 제조하여 LED 등기구에 적용하여 특성을 고찰하였다. 제안한 CMP-PLA 방열소재는 20~70 wt%의 탄소나노튜브와 PLA (poly lactic acid)와 PBS (poly butylene succinate)를 멜트 블렌딩 (melt-blending)한 생분해성 20~70 wt%의 고분자와 대두유, 오일, 흑운모를 혼합으로 하여 조성한 PLA 결정화 핵제를 150~220℃에서 1,000~1,500 rpm의 속도로 교반하여 제조하였다. 제조한 CMP-PLA형 방열판을 이용한 7.5 W LED 등기구의 광학적, 전기적 특성을 고찰하였으며, CMP-PLA형 방열판에서 방출되어지는 열 특성을 평가하였다. CMP-PLA 방열판을 사용한 LED 등기구의 색 온도는 XY Chromaticity 다이어그램상에서 $x=0.32$, $y=0.34$ 으로 약 5,956 °K 색 온도를 나타냈으며, 연색지수는 75를 나타내었다. CMP-PLA 방열판을 사용한 LED 등기구의 전광선속과 평균 광효율은 각각 540.6 lm, 72.68 lm/W를 나타내었다. 방열판에서 측정되어지는 초기 온도는 27℃이었으며, 시간이 지날수록 방열판에서 측정되어지는 온도는 증가되어졌고, 1시간 이후부터는 52℃의 온도로 포화되었다.

CMP-PLA 방열판 적용한 LED 등기구는 기존 AI 방열판을 사용한 LED 등기구 보다 가벼우며, 낮은 비중을 나타내어 차세대 등기구의 가격을 낮출 수 있는 소재라고 기대되어지며, 광학적, 전기적 특성 측정 결과 탄소나노튜브의 배합과 제조 공정 기술이 더욱 개발되어진다면 방열 부분의 발전이 기대되어진다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부, 한국산업기술진흥원, 호남지역사업평가원의 “광역경제권 선도산업 육성사업”으로 수행된 연구 결과입니다.

REFERENCES

- [1] S. G. Jung, D. I. Seok, H. Y. Shin, C. M. Lee, and H. Kim, *J. KIIEE*, **21**, 26 (2007).
- [2] M. R. Krames, O. B. Shchekin, R. Mueller-Mach, G. O. Mueller, L. Zhou, G. Harbers, and M. G. Craford, *J. Display Technol.*, **3**, 160 (2007).
- [3] N. Narendran., Gu,J.P. Freyssonier., H. Yu., and L. Deng, *J. Cryst. Growth*, **268**, 3 (2004).
- [4] J. Park, M. W. Shin, and C. C. Lee, *Opt. Lett.*, **29**, 2656 (2004).
- [5] J. Hu, L. Yang, W. J. Hwang, and M. W. Shin, *J. Cryst. Growth*, **288**, 157 (2006).
- [6] S. H. Han, Y. J. Kim, J. H. Kim, J. Y. Jung, H. C. Kim, and G. S. Cho, *J. Korean Vacuum Soc.*, **21**, 164 (2012).