

재생 형광체로 제조한 백색 LED의 손전등 시스템에의 적용

류장렬*

¹공주대학교 전기전자제어공학부

Application of a Flashlight system for White LEDs Manufactured using a Reproduction Phosphor

Jang-Ryeol Ryu^{1*}

¹Division of Electrical, Electronic & Control Engineering Kongju National University

요약 최근 백색 LED는 각종 조명등의 응용 시스템에 크게 사용되고 있다. 백색 LED 칩을 만들기 위하여 실리콘과 형광체를 배합하여 청색 LED 칩 위에 도포하는 공정이 필요한데, 이때 배합의 오류, 실리콘의 상온 노출 시간의 경과, 청색 칩 특성의 변화 등의 원인으로 버려지는 형광체가 있어 이것이 원가 절감에 악영향을 미치고 있다. 본 연구에서는 버려지는 형광체의 재생공정을 통하여 제조된 LED와 정상형광체의 LED의 특성을 비교하고, 이들을 이용하여 실 응용 제품인 LED 손전등에 적용하여 그 특성의 동일함을 얻었다. 재생과 정상 형광체의 특성에서 광량 저하량 3.2[Cd]와 3.6[Cd], 색감 저하량 57[K]와 58[K]를 보였고, LED의 실제 응용제품에 적용한 결과 최대 백색파장 444.3[nm]와 449.8[nm]를 나타내어 재생형광체의 LED가 정상의 것과 동일한 특성을 보여 원가절감에 큰 기여를 할 것으로 나타났다.

Abstract White LEDs are expected to be applied widely as a lighting system. To make white LED chips, one requires a mixture with silicon and a phosphor coating on a LED blue chip. The process of preparing a mixture with silicon using phosphor involves the use of discarded phosphor in the chip process. Reducing the costs of chip production depends on many factors, such as the mixture errors, exposure over time of silicon, and changes in the characteristics of blue chip. This paper reports the characteristics of a white LED chip manufactured through a reproduction process of derelict phosphor. This method was applicable to a real LED flashlight. A derelict phosphor chip showed similar results to a normal white chip for the degradation of cd 3.2[Cd] and 3.6[Cd], color temperature, 57[K] and 58[K], and maximum white wavelength 444.3[nm] and 449.8[nm]. These results are expected to make a great contribution to cost reduction.

Key words : blue chip, cost reduction, lighting system, reproduction phosphor, white LED

1. 서론

최근에 GaN에 기반한 백색 LED가 활발히 개발되고 있는데[1,2], 이것이 경쟁력을 갖기 위해서는 LED 칩의 성능을 향상시켜야 한다. 이를 위하여 칩과 패키지의 효율 향상, 방열특성의 개선, 원가절감 등을 통하여 소자의 신뢰성을 높여 효율성을 증대시켜야 한다[3,4].

백색 LED는 청색 칩 위에 형광체를 도포하여 백색광을 얻는 방법과 적색, 녹색, 청색의 혼합으로 백색을 내는

방법이 있으나, 공정의 복잡성, 원가 상승 등의 이유로 전자를 선택하여 제조하고 있다[5-7].

청색 칩 위에 형광체를 도포하여 백색 LED 칩을 제조하는 경우, 형광 물질의 효율적 사용이 가격 경쟁력을 유지하는 데 중요한 요소가 되고 있다. 백색 LED 칩을 제조할 때, 여러 요인에 의하여 형광체가 버려지는 경우가 발생하는데, 버려지는 형광체의 양이 상당하여 가격 경쟁력에 악영향을 미치고 있어 재활용 공정을 통한 원가 절감이 필요하다[8].

*Corresponding Author : Jang-Ryeol Ryu (Kongju Nat'l Univ.)

Tel: +82-41-521-9174 email: jrryu@kongju.ac.kr

Received April 15, 2014

Revised July 10, 2014

Accepted August 7, 2014

본 연구에서는 버려진 폐형광체의 재생공정을 개발하여 얻은 재생 형광체가 정상적인 형광체와의 비교에서 동일한 특성이 얻어졌다. 이 특성 결과를 바탕으로 재생 형광체를 사용한 백색 LED 칩을 응용제품에 적용하여 그 특성을 비교하였다. 응용제품으로는 국내 생산 손전등에 장착하여 그 특성을 조사하였는데, 재생과 정상 형광체의 특성에서 광량 저하량 3.2[Cd]와 3.6[Cd], 색감 저하량 57[K]와 58[K]을 보였고, 최대 백색과장 444.3[nm]와 449.8[nm]를 보이는 등, 실제 활용에서 별다른 영향을 끼칠 만한 차이를 발견하지 못하여 재생 형광체의 LED가 정상의 것을 대체할 수 있음을 보여 LED 제조의 원가 절감에 큰 기여를 할 것으로 나타났다.

2. White LED 칩

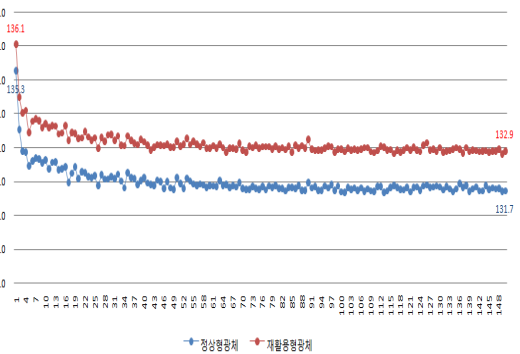
일반적으로 백색 LED 칩의 구조는 렌즈, 배선, 리드 프레임, 다이 접착, 기판, 틀 등으로 구성한다. 보통 청색 LED 칩 위에 실리콘과의 혼합된 노랑 형광체를 도포하여 백색 LED를 제조하고 있는데, 본 연구에서도 일반적으로 제조하는 청색 칩 위에 형광체를 도포하여 백색 LED를 제조하는 것으로 하였으며, 제조과정에서 버려지는 형광체의 재생공정을 통하여 얻은 재생 형광체의 실 제품으로 LED 손전등에 적용하여 정상의 것과 동일한 특성을 얻었다.

3. 재생과 정상 형광체의 특성 비교

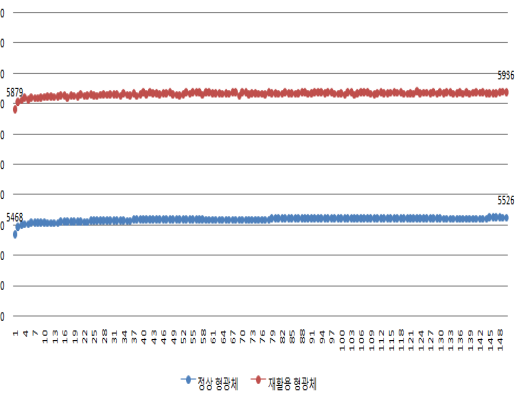
Fig. 1에서는 재생과 정상 형광체를 동일한 LED 칩에 도포한 후, 광량의 저하를 나타낸 것으로 실험에 사용된 PKG는 1W급 5.0mm x 5.0mm 넓이, 1.2mm 두께의 PKG로 5초 단위로 350[mA]의 전류를 150회 공급과 차단을 반복하면서 각 회별 광량의 감쇠를 비교한 것이다. 재생 형광체의 경우, 최대 136.1[Cd]에서 최소 132.9[Cd]를 보여 광량 저하량 3.2[Cd]를 보였으며, 정상 형광체는 최대 135.3[Cd]에서 최소 131.7[Cd]로 3.6[Cd]로 나타나 오차 범위에서 차이가 없는 것으로 나타났다.

Fig. 2에서는 재활용과 정상 형광체를 동일한 LED 칩에 도포한 후, 색감의 저하를 나타낸 것으로 실험에 사용된 PKG는 1[W]급 5.0[mm] x 5.0[mm] 넓이, 1.2[mm]

두께의 PKG로 5초 단위로 350[mA]의 전류를 150회 공급과 차단을 반복하면서 각 회별 색감의 낙폭을 측정하는 것이다. 형광체의 질에 의하여 색감의 저하량을 비교할 수 있는 실험이다. 재활용 형광체의 경우, 최대 5,936[K], 최소 5,879[K]를 보여 색감 저하량 57[K]이었고, 정상형 광체는 최대 5,526[K], 최소 5,468[K]로 저하량 58[K]로 나타나 실제 활용에서 별다른 영향을 끼칠 만한 차이를 발견하지 못하였다.

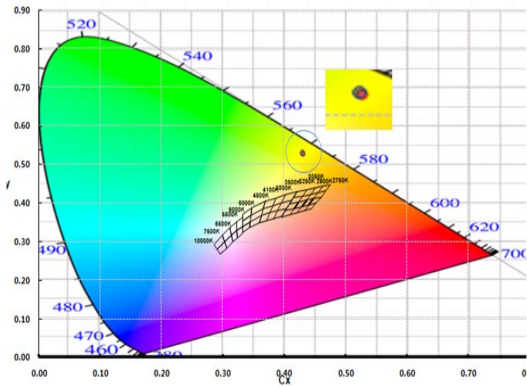


[Fig. 1] Cd degradation characteristics of reproduction and normal phosphor



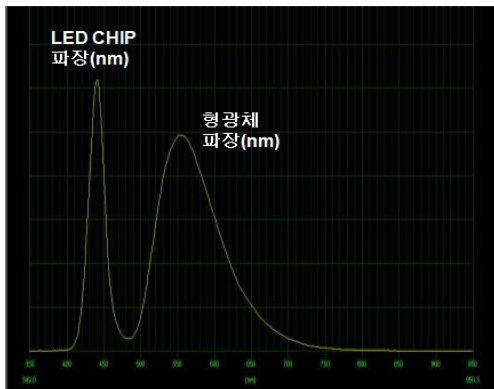
[Fig. 2] Chromaticity degradation of reproduction and normal phosphor

Fig. 3에서는 재생과 정상 형광체의 cx, cy좌표를 측정하여 색감 특성이 동일한지를 비교하는 것으로 재생과 정상 형광체의 노란색 좌표를 측정한 것인데, 그래프의 노랑 부분의 검정색으로 표시된 점 영역의 좌표가 동일하게 위치하고 있어 재활용 공정 상 손실, 변형 등의 특성 변화가 없는 것으로 나타났다.

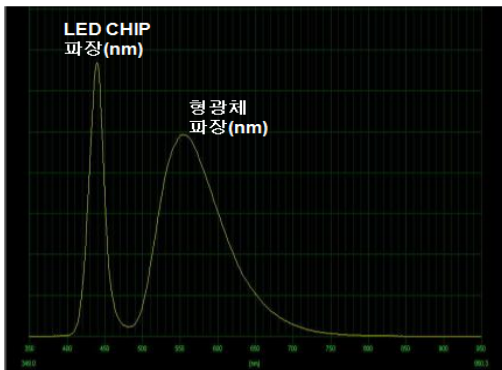


[Fig. 3] Chromaticity analysis of reproduction and normal phosphor

Fig. 4에서는 LED 칩의 제작과정에 재생형광체와 정상 형광체를 도포하여 동일 조건에서 파장 특성을 측정 한 것으로 노랑 파장(yellow wavelength)이 모두 550~570[nm]로 나타나 파장 특성이 동일함을 보였다. Fig. (a) 는 재생 형광체, Fig. (b)는 정상 형광체의 특성 곡선이다.



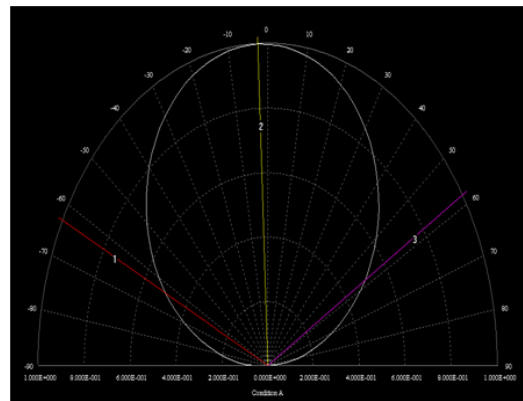
(a)



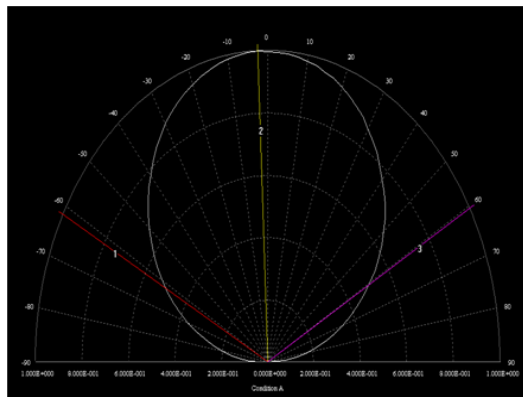
(b)

[Fig. 4] Wavelength analysis of (a) reproduction and (b)normal phosphor

Fig. 5에서는 재생과 정상 형광체를 이용하여 LED 칩의 지향각(배향분포) 특성을 측정한 것이다. 본 실험의 쓰여진 PKG는 0.5[W]급 PKG로 3.0[mm] x 3.0[mm] 넓이와 1.2[mm] 두께이며, 측정 요소는 공급 전압 2.905[V], 공급 전류 150[mA], 최대 파장 451[nm], 색온도 5,696[K]에서 재생 형광체를 이용한 LED 칩의 경우, 122.1[deg]이고, 정상 형광체는 121.1[deg]를 보여 보통 120.0[deg]±10.0[deg]를 출하 값으로 하고 있어 오차범위 내에서 동일한 지향각 특성을 나타내 재생 형광체가 정상 의 것과 동일함을 보였다.



(a)



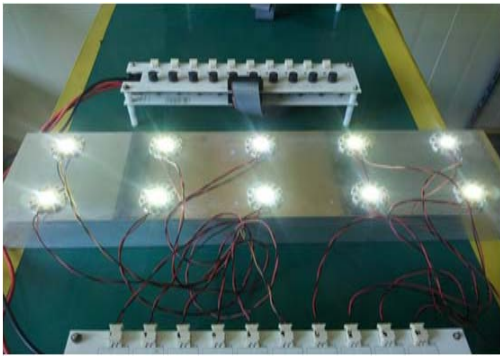
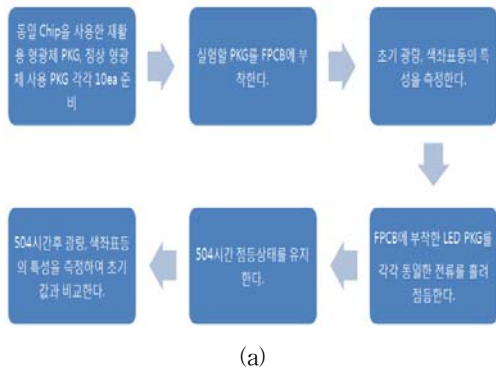
(b)

[Fig. 5] Oriented angle of (a)reproduction and (b)normal phosphor

4. 재생과 정상 형광체를 이용한 LED 제작

Fig. 6에서는 재생과 정상 형광체를 동일한 LED 칩에 도포한 후, 휴대폰 장착 LED의 신뢰성 검증 시간인 504

시간을 기준으로 하여 특성을 조사하기 위한 실험장치를 나타냈다. 이 시간이 경과한 후에도 휴대폰의 광원으로 장착할 수 있는지의 여부에 대한 색감 및 광량 특성을 비교하기 위한 것이다. Fig. (a)에서 보여 주는 바와 같이 재생과 정상 형광체의 PKG 각 10개씩 준비하고, 이들을 기판에 부착하였다. 초기광량, 색좌표를 측정하고, 전류를 흘려 504시간 경과한 후, 다시 광량과 색좌표를 측정하여 초기 값과 비교하였다.



[Fig. 6] Characteristics (a)experiment process and (b)apparatus of white LED chip

Table 1에서는 재생과 정상 형광체를 이용한 LED 칩의 광량에 대한 신뢰성을 비교한 것으로 LED는 ON되는 순간부터 형광체의 열화, 기판 등의 방열 문제 등이 발생하여 광량이 떨어지는 특징이 있다. 본 실험에 사용한 PKG는 1[W]급 PKG로 5.0[mm] x5.0[mm] 넓이, 1.2[mm] 두께이며, 공급전류는 350[mA]로 초기 광량에서 504시간 경과한 후의 광량 저하의 차이를 비교한 것으로 재생 형광체의 광량 저하량이 적은 것도 있는 등 정상 것과의 대등함을 보였다. Table 2는 재생과 정상 형광체

의 색감에 대한 저하량을 비교한 값을 보여 주고 있다. LED는 켜는 순간부터 형광체의 열화, 방열문제가 발생하여 색감이 청색 쪽으로 이동하는 특징이 있어 색감이 저하되고 있다. 앞서의 조건과 같이 350[mA]의 인가전류에 504시간 경과 후, 색감 비교 실험에서도 재생과 정상 것의 오차 범위 내에서 동일하게 측정되었다.

[Table 1] Cd difference in contrast to the initial Cd after 504hours

Samples	Reproduction phosphor	Normal phosphor
1	3.99	3.30
2	3.01	3.29
3	1.57	2.23
4	1.80	4.55
5	3.60	1.82
6	2.80	5.43
7	2.26	3.01
8	5.21	4.66
9	5.06	5.65
10	1.64	5.27
Average	3.094	3.921

[Table 2] Chromaticity difference in contrast to the initial Cd after 504hours

Samples	Reproduction phosphor	Normal phosphor
1	-186.19	-64.04
2	-149.95	-144.77
3	-204.54	-153.84
4	-101.02	-267.01
5	-220.20	-201.79
6	-327.88	-317.59
7	-166.46	-215.11
8	-183.87	-292.84
9	-158.99	-261.35
10	-287.42	-183.75
Average	-198.652	-210.209

Fig. 7에서는 재생과 정상의 형광체로 제작한 LED를 손전등 제품에 적용하여 그 특성을 살펴보기 위한 것이다. Fig. (a)는 현재 시판 중인 국내 T사의 보급형 소형 LED 손전등을 나타낸 것으로 제품 구입 초기상태의 모양이며, Fig. (b)는 LED가 발광되는 모습이다. 한편, Fig. 8(a)는 재생 형광체를 이용한 LED 손전등, Fig. (b)는 그 발광모습을 나타내고 있으며, 동일한 성능이 보였다.



(a)



(b)

[Fig. 7] (a)Flashlight and (b)LED lighting manufactured by normal phosphor



(a)



(b)

[Fig. 8] (a)Flashlight and (b)LED lighting manufactured by reproduction phosphor

Table 3에서는 시중에서 판매되는 손전등 속에 있는 LED와 동등한 조건으로 실험하기 위하여 2[W]급 PKG 로 실험한 결과를 보여 주고 있으며, 재생과 정상 형광체로 제작한 LED 칩을 실제 손전등에 적용하였을 때의 특

성이 실제 활용에서 별다른 영향을 끼칠 만한 차이가 발견되지 않았다. 여기서 광도(luminous intensity)는 단 방향으로의 빛의 세기를 나타낸 것이며, [Iv]는 광량을 의미한다. 연색평가지수(color rendering index)는 기준광인 태양과 얼마나 빛이 일치하는가의 척도를 나타낸 것이다.

[Table 3] Characteristics analysis of LED by reproduction and normal phosphor

Measured elements	Reproduction phosphor	Normal phosphor
Forward current[mA]	700	700
Forward voltage[V]	3.52	3.47
Average chromaticity x y	0.316	0.321
	0.320	0.339
Maximum white wavelength [nm]	444.3	449.8
Color temp. [K]	6,393	6,044
Blue wavelength [nm]	481.5	497.9
Luminous intensity [Iv]	87.6	87.9
Color rendering index	63	65

5. 결론

단일 칩 위에 실리콘과 형광체를 혼합하여 백색 LED 칩을 제조할 때, 여러 요인에 의하여 버려지는 칩의 형광체가 많아 LED의 원가 절감에 악영향을 주므로 이의 개선이 필요한 시점이다.

본 논문에서는 사용된 칩과 기판, Gold Wire등 모든 재료를 동일하게 하였으며, 형광체만 재생과 정상 제품을 사용해 적용하였기 때문에 형광체 특성의 적절한 비교 실험으로 판단된다. 각 항목의 모든 시험항목에서 정상 형광체와 동등한 특성 결과를 얻었기 때문에 실제 손전등에 적용하여 특성 평가를 진행한 결과 광량 저하량 3.2[cd], 3.6[cd] 색감저하량 57[K], 58[K]를 얻었고, 최대 백색 파장 444.3[nm], 449.8[nm]를 얻었다. 이들은 실제 활용에서 별다른 영향을 끼칠 만한 차이가 없어서 버려진 형광체의 재활용으로 백색 LED의 제조비용 절감에 크게 기여할 것으로 기대된다.

References

- [1] T.Egawa, B.Zhang, and H.Ishikawa, "High Performance of InGaN LEDs on (111) Silicon Substrate grown by MOCVD", *IEEE ELECTRON DEVICE LETTERS*, Vol. 26, No. 3, pp. 69~171, March, 2005.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/LED.2004.842642>
- [2] H. G. kim et al, "Improved GaN-Based LED Light Extraction Efficiencies via Selective MOCVD Using Peripheral Microhole Arrays", *IEEE PHOTONIC TECHNOLOGY LETTERS*, Vol. 20, No. 15, pp.1284~1286, Aug., 2008.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/LPT.2008.926870>
- [3] K. Y. Kim, W. K. Ham, " Technology Trends for radiant heat high power LED lighting system", KIIEE Spring Conference, May, 2009.
- [4] J. W. Park et al., "Comparison of radiant heat characteristics for Design of LED lighting system", KIIEE Spring Conf., May, 2009.
- [5] J.W.Park et al, "Development of LED standard product for PAR38 type standardization", KIIEE Spring Conference, pp.25~28, OCT., 2008.
- [6] K. H. Kim et al, "Design of LED lighting product using Elevator as possible color temperature control", KIIEE Spring Conference, pp.71~76, Nov., 2007.
- [7] S. H. Whang et al, "A study on Optimized radiant heat design for 10W LED lighting system", KAIS, Vol.11, No.7, pp.2317~2322, 2010.
- [8] J. S. Kim, J. R. Ryu, "Process Development for Reproduction of derelict Phosphors in the Manufacture of White LED Chip", KIIT, Vol.11, No.5, pp.1~6, June, 2013.

류 장 열(Jang-Ryeol Ryu)

[정회원]



- 1982년 2월 : 인하대학교 공과대학 전자공학과 (공학사)
- 1985년 2월 : 충남대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 1994년 8월 : 충남대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
- 1990년 4월 ~ 현재 : 공주대학교 전기전자제어공학부 교수

<관심분야>

실리콘소자, LCD부품, LED