

형광등 대체용 LED조명과 CNT조명에 대한 전기적·광학적특성의 비교고찰

(The Characteristics Analysis of substitute LED and CNT Lighting for fluorescent lamp)

한국조명기술연구소¹

호서대학교²

황명근^{*1} · 임종민¹ · 신상욱¹ · 노재업¹ · 조미령¹ · 이세현¹

전상규¹ · 최석준¹ · 이진우²

Korea Institute of Lighting Technology¹

Hoseo Uni.²

(M-K Hwang^{*} · J-M Lim¹ · S-W Shin¹ · J-Y Roh¹ · M-R Cho¹ · S-H Lee¹

S-K Jeon¹ · S-J Choi¹ and C-W Yi²)

요 약

본 논문에서는 LED(light emitting diode)조명과 CNT(carbon nano-tube)조명에 대한 전기적인 특성과 광학적 특성을 측정하여 비교하고 고찰하였다. 특히 IES format 파일을 사용하여 각각의 조명등기구에 대한 LID(luminous intensity distribution) 분석과 조도 시뮬레이션을 수행하여 최대 및 최소, 그리고 평균조도 등을 분석하였다. 향후 LED 및 CNT 신광원은 면조명으로서의 관련 기술기준 및 규격의 작성시 참고 자료로 활용될 것으로 판단된다.

Abstract

In this paper, we have measured and compared the optical and electrical characteristics of LED(light emitting diode) and CNT(carbon nano-tube) lightings. Especially, the IES format files are used for each of the luminaire LID(luminous intensity distribution) analysis and light level simulation for analyze the maximum, minimum, and average light level. In the future, when CNT and the LED based lighting technology standards are writing, this data will be used in judging.

1. 서 론

세계 각국에서의 환경문제가 크게 대두되면서 수은, 카드뮴 등의 유해물질 사용이나 CO₂ 저감에 대한 규제를 강화(RoHS 및 WEEE 등)하고 있다.

LED는 오래전부터 우수한 시인성과 낮은 구동전압으로 인해 지시·신호용 광원의 용도로 국내외에서 사용되어 왔으나, 대부분 반도체 소자가 안고 있는 인가전류의 한계로 인해 매우 낮은 광출력을 가지고 있어 일반 조명용 광원으로의 적용에 문제점을 가지고 있었다.

그러나 HB-LED분야는 괄목할 만한 기술적 진보를 통해 LED소자 자체의 전기적, 광학적 특성이 크게 향상되어 조명용으로서의 적용 및 필요성이 크게 대두되고 있다.

LED를 사용한 손전등, 사인·간판용 및 경관조명용 등 식별성을 요구하는 시장에서의 보급이 빠르게 진행되고 있고, 이에 LED를 제조하는 메이커에서는 일반 조명용에 적용하기 위해 각종 Power LED가 개발, 시판됨으로서 이를 응용한 LED조명 개발이 활발하게 움직이고 있다.

특히 외국의 경우, 일본 및 미국, 대만, 중국 등에서 PAR 및 MR 계열의 램프와 손전등 등 다양한 응용제품이 출시되고 있으며 이외에도 가로등, 투광등, 형광등 대체용 등 고휘도 Power LED를 응용한 조명용 램프의 개발이 진행 또는 상품화 중에 있다. 또한 태양광발전(Photovoltaics) 기술에 LED광원을 적용, 일부 사용 중에 있으며 국내에서도 신재생 대체에너지 보급사업으로 LED조명과 더불어 CCFL, FFL, OLED, CNT 등 고효율 면광원으로의 신조명이 크게 활성화될 것으로 전망되고 있다.

이에 본 논문에서는 수은이 없고, 수명이 긴 LED 면조명과 CNT 면 조명에 대하여 전기적특성과 광특성을 비교 고찰하여 앞으로 LED/CNT조명으로서의 규격작성에 많은 도움이 될 것으로 판단된다.

2. 본 론

2.1 전기적특성 평가 및 분석

2.1.1 측정 방법 및 장비, 시료

일반적인 광원의 특성으로는 정격전압, 전류, 전력 및

색온도(CCT), 효율(LPW), 연색성(CRI) 등이 있으며, 이러한 특성은 전력분석기(PM 3300), 플리커측정기(XITECH社), 휘도계(CS-1000), 배광측정기(GODS-2000)등을 이용하여 측정, 비교하였으며, 측정시료는 기존 형광등 및 LED를 이용한 LED면조명과 CNT신광원 면조명 기구를 각각 측정하여 분석하였다.

2.1.2 평가 및 분석

측정은 그림 1과 같이 면조명(LED, CNT)을 적분구내에 설치, 측정지그에 결선한 후 전류, 전력, 역률, 전류고조파 함유율과 전광속, 효율, 색온도, 연색성, R15 등 광 특성을 휘도계에서 측정하였다. 그 결과를 표1에 나타내었다.

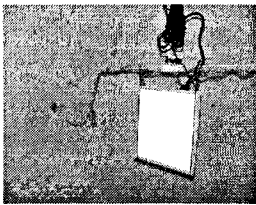


그림 1. LED조명의 특성측정 사진

표 1. LED조명과 형광등기구의 특성측정 비교

구분	단위	LED조명 (20W급)		FL 20SS/18W 형광램프(EX-D)	
		A사	B사	시험용안정기사용	
전기적 특성	Input Current	A	0.225	0.259	0.329
	Input power	W	20.77	26.02	20.00
	PF	PF	0.417	0.457	-
	Current harmonic	THD	157.6	191.5	-
광학적 특성	TLF	lm	974	777	1,330
	LPW	lm/W	46.8	30.0	66.5
	CCT	K	5,006	5,065	5,950
	CRI	Ra	70	70	79
	R15	-	50 이하	50 이하	85 이상

표 1에서 보는데와 같이 20W급 LED조명은 각각 입력전류 225/259mA, 입력전력 20.77/26.02로 측정되었고, FL 20SS/18W는 329mA로 측정되었다. 색온도(CCT)는 LED조명이 약 5,000 K, CRI(연색성)는 70정도로서 기존의 형광등(FL 20SS/18W) 5,900 K과 79의 CRI에 비해 다소 낮은 결과를 보이고 있고, LED조명 20W인 경우 전광속 974 lm으로서 47 lm/W의 효율을 보이고 있으나 현재 상용화된 LED조명은 개발 초기단계로 LPW 및 CRI는 다소 미비하나 향후 기술력이 계속 향상되는 관례로 제품특성이 좋아질 것으로 판단된다.

이러한 특성은 앞으로 일반 조명용에 사용하기에 충분한 밝기와 배광특성, 경제성(전력절감) 등이 확보된다면 조만간 시장에서의 경쟁력이 예상된다.

2.2 광학적특성 평가 및 분석

2.2.1 LED조명기구의 배광측정 A

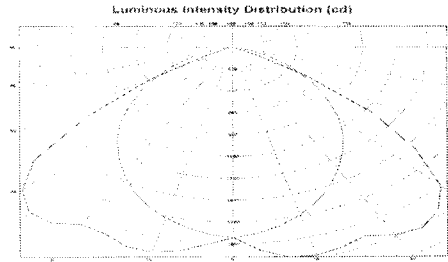


그림 2. 일반적인 형광등기구의 배광형태

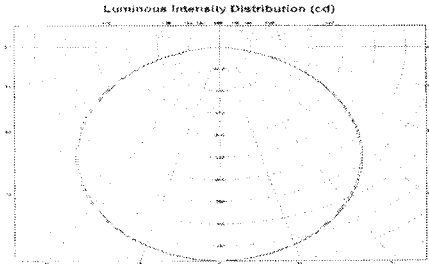


그림 3. LED조명기구의 배광형태

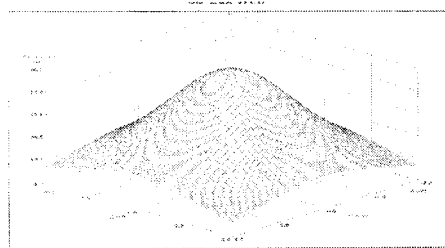


그림 4. LED조명기구의 조도시물레이션

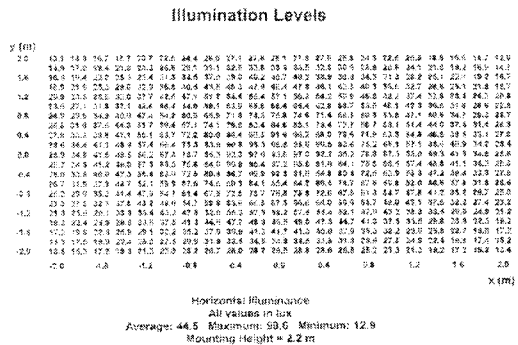


그림 5. LED조명기구의 조도 시물레이션 결과

그림 2는 일반적인 형광등기구의 배광특성 곡선이고, 그림 3은 LED조명기구의 배광특성 곡선을 나타낸 것이다. 위의 그림에서 볼 수 있듯이 일반 형광등기구는 빛이 45도의 넓은 각도로 광범위하게 퍼진다는 것을 알 수 있으나 LED조명기구의 배광은 중심 조도와 변점 조도

비의 차이가 심하여 SPOT 형태의 배광 결과를 나타내고 있는 것을 알 수 있었다.

그림 5는 LID의 IES 파일을 사용한 시뮬레이션으로서 2.2 m의 높이에서 최대조도 98.6 lx, 최소조도 12.9 lx, 평균조도는 44.5 lx로 분석되었다.

2.2.2 3×3 어레이 LED조명기구의 배광측정 B

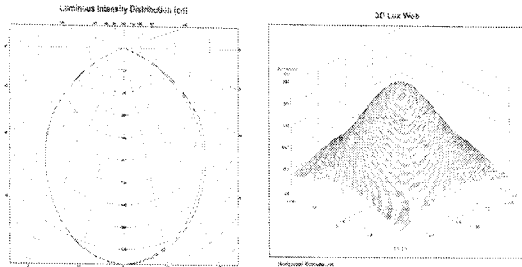


그림 6. LED조명기구의 배광형태와 조도시뮬레이션

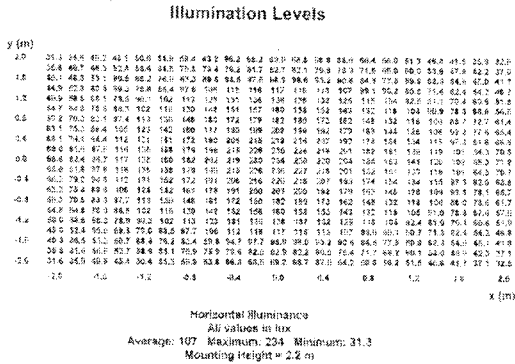


그림 7. LED조명기구의 조도시뮬레이션 결과

LED를 가로 세로 3개씩 어레이로 연결한 LED조명기구는 그림 3의 LED조명기구의 배광특성과 거의 유사한 형태로 나타났으며, IES 파일을 사용한 시뮬레이션은 2.2 m의 높이에서 최대조도 234 lx, 최소조도 31.3 lx, 평균조도는 107 lx로 분석되었다.(그림 7)

2.2.3 CNT조명의 광학적 특성 분석

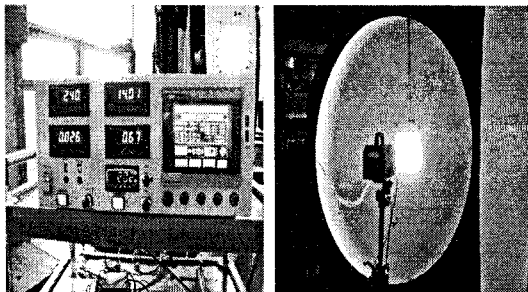


그림 8. CNT조명의 특성측정 사진

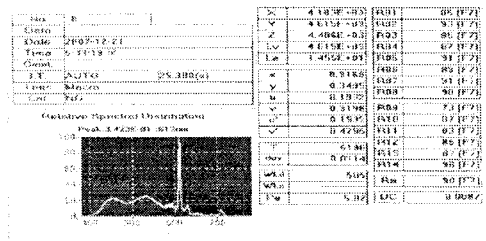


그림 9. CNT조명의 스펙트럼 측정결과

표 2. CNT조명의 스펙트럼 측정결과표

구분	단위	CNT조명		
		A	B	C
Power	W	6.0	9.5	19.2
TLF	lm	332	442	703
LPW	lm/W	55.3	44.4	36.6
CRI	Ra	88 이상		
CCT	K	6196		

CNT조명의 광학특성시험 결과는 저 전력 상태에서 광 효율이 높은 것으로 나타나고 있으며 이는 전력과 광속이 비례하지 않는다는 결과를 보여주고 있다.

2.2.4 LED조명기구의 배광측정(30×30 cm)

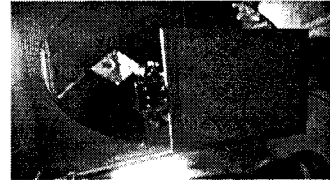


그림 10. LED조명기구의 구조

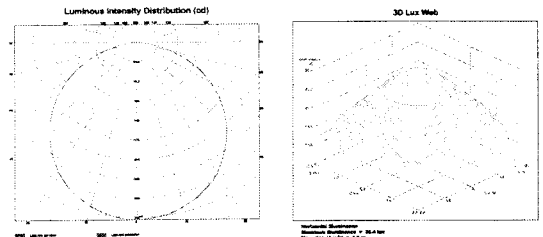


그림 11. LED조명기구의 배광형태와 조도시뮬레이션

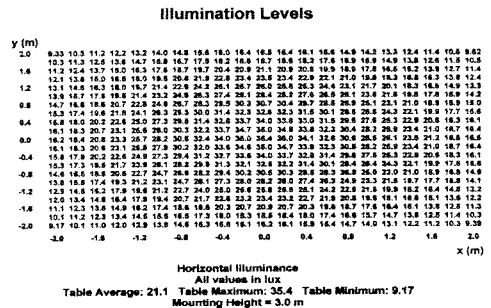


그림 12. LED조명기구의 조도시뮬레이션 결과

그림 12는 IES 파일을 사용한 시뮬레이션으로 3.0 m의 높이에서 최대조도 35.4 lx, 최소조도 9.17 lx, 평균조도는 21.1 lx로 분석되었다.

30×30 cm LED조명기구의 배광은 중심 조도와 변점 조도비가 4:1 정도로 크기가 작을수록 그 차가 줄어드는 것을 알 수 있었으며, 이는 30×30 cm 셀을 이용할 경우 실내 조도차를 줄일 수 있음을 알 수 있다.

LED조명과 CNT조명의 구조 및 디자인, 성능설계 등이 계속 개선되고 있어 앞으로 신광원으로의 많은 대체가 예상된다.

<참조> 아래의 사항은 “할로겐램프 대체용 LED램프”와 “백열전구 대체용 LED램프”에서 LED램프에 대한 광학적 특성으로 광원의 광원색과 광출력의 인증기술기준을 지식경제부, “고효율에너지기자재 보급촉진에 관한 규정”(고시 제2008-11호, 2008. 4. 2)을 근거로 작성된 것임을 밝힙니다.

1) 광원색 및 연색성

광원색 및 연색성은 표 3에 적합하여야 한다.
(단, 색온도 범위가 초과하는 것은 불가).

표 3. LED램프의 광원색 분류

광원색	기호	CCT(K)	CRI(Ra)
주광색	D	5700 ~ 7100	75 이상
주백색	N	4600 ~ 5400	75 이상
백 색	W	3900 ~ 4500	75 이상
온백색	WW	3200 ~ 3700	75 이상
전구색	L	2600 ~ 3150	75 이상

2) 광출력

초광속 및 수명가속시험에 의한 광속유지율은 표 4를 만족하여야 한다.

표 4. 램프의 광출력 기준

항 목	5W 이하	5W 초과 10W 이하	10W 초과 15W 이하	15W 초과
초광속	광효율(lm/W) × 표시 입력전력(W) 이상일 것			
광속유지율	초광속의 90% 이상			
광효율	50 lm/W	55 lm/W	58 lm/W	60 lm/W

3. 결 론

본 논문은 근래에 이슈화되고 있는 LED조명과 CNT조명에 대한 전기적, 광학적 특성 내용으로 몇 개의 시제품에 대한 샘플링의 측정결과를 나타낸 것으로서 이에 대한 신광원의 특성기술을 전파하고 홍보하여 앞으로 LED 및 CNT 신광원 조명에 대한 기술개발을 유도·발전하여 국내 조명산업발전에 도움이 되고자 함이다. 추후 형광등 대체용 LED 및 CNT 변조명 기술기준에 참고자료가 될 것으로 사료된다.

이 논문은 지식경제부 에너지관리공단의 “CNT신광원 조명의 표준화를 위한 성능 및 평가기술 개발” 사업과 “유기 면램프(OLED)시스템의 조명특성 분석 및 기술기준 개발”사업의 일환으로 추진되었으며 관련기관에 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

[1] 지철근 외 3 공저, “조명환경원론”, 문운당, 2004. 2.
 [2] 황명근, “조명공학개론”, 도서출판성우, 2003. 9.
 [3] 조명데이터 북, 한국조명전기설비학회, 1997. 06.
 [4] KSA 한국표준협회, “KS핸드북 조명(I), 조명(II)”, 2000. 11.
 [5] 황명근 외 2, “SMD형 Y/G/W/HB LED의 광특성 비교 분석”, KIEE, Vol. 18, No. 4, pp.15~21, 2004. 07.
 [6] M. K. Hwang외 2, “A Study on Optic Characteristics of LEDs lamp”, IoP, Vol. 182, pp. 487~488, 2004. 7.
 [7] 황명근 외 1, “적분구를 이용한 대형광원의 측정방법”, KIEE, 54C-12-13, pp. 585~587 2005. 12.
 [8] 황명근 외 2, “조명용 백색 LED 광원의 등기구 형태에 따른 광도 및 기구효율 분석”, KIEE, Vol. 18, No. 3, pp. 20~26, 2004. 05.
 [9] K 60598-1, 조명기구 제1부: 일반 및 시험요구사항.
 [10] K 60598-2-1, 조명기구 제2부: 개별요구사항.
 [11] KS C 7104 : 발광다이오드(LED)의 성능평가방법.
 [12] KS C 7120 : 발광다이오드(표시용).
 [13] KS C 7121 : 발광다이오드(표시용) 측정방법.
 [14] KS C 7528 : LED 교통신호등.
 [15] RS C 0047 : 고휘도 발광다이오드.
 [16] SPS-KILT 1091 57-1611 : LED램프, 2006. 12.
 [17] SPS-KILT 1091 46-1242 : 조명용 LED등 기구, 2005. 11.
 [18] SPS-KILT 1091 55-1728 조명용 Power LED드라이버, 2008. 1.
 [19] CIE127 : Measurement of LEDs.
 [20] CIE 84 : Measurement of Luminous Flux.
 [21] SAE J1889 : LED lighting devices.
 [22] NASA-GSFC-S-311-68 : Evaluation Procedure for the LEDs.
 [23] IEC 62384 : DC or AC supplied electronic control gear for LED module
 [24] MIL-S-24622A-CANC-NOTICE1 : Source, LED, Fiber Optic.
 [25] IEC 60838-2-2 : Miscellaneous lampholders, Connectors for LED modules.
 [26] KS C IEC 60050-845 조명용어
 [27] 지식경제부, “고효율에너지기자재 보급촉진에 관한 규정”, 2008. 4. 2..