

R/G/B 및 백색 LED광원의 색도좌표와 주파장의 비교 고찰

(Comparison of Chromaticity coordinate and Dominant wavelength for General R/G/B/W LEDs Light Source)

한국조명기술연구소¹ · 중부전기전자(주)² · 한국에너지기술연구원³
황명근^{1*} · 조미령¹ · 신상욱¹ · 이세현¹ · 이주성² · 정봉만³

KILT¹ · Central Electronics Co., Ltd.² · KIER³
(Myung-Keun Hwang^{1*} · Mee-Ryoung Cho¹ · Sang-Wuk Shin¹ · Se-Hyun Lee¹
Joo-Sung Lee² and Bong-Man Jung³)

Abstract

최근에 정부의 “15/30 LED조명 보급정책”에 힘입어 개발된 8W급 조명용 LED광원의 CIE 색도좌표(chromaticity coordinate)와 주파장(dominant wavelength)등을 측정·고찰 하였다. 적색(R), 녹색(G), 청색(B), 백색(W)순으로 주파장은 각각 620[nm], 531[nm], 465[nm], 579[nm]이고, 자극순도(excitation purity)는 0.98, 0.82, 0.97, 0.15이며, 휘도순도(colorimetric purity)는 45[%], 16[%], 279[%], 6[%]로 나타났다. Power LED의 최적배치·설계로서, 특히 백색 LED광원의 경우 백열전구(15 lm/W)에 비해 3배 이상의 높은 효율(47.7 lm/W)을 보였고, 배광측정에서는 78.7%의 효율로 나타났다. 현재 LED광원은 MR16이나 베이스 타입 등의 형태로 제작하여 스탠드, 복도등, 비상유도등, 침실용 등의 용도에 사용되고, 일부는 LED의 원형이나 면(flat)타입으로 가로등이나 투광등으로도 활용되고 있다. 따라서 이들에 대한 각각의 특성들을 제시해 줄 필요성인 인지되어 국내 최초로 개발된 R/G/B/W 8W급 LED광원에 대한 기본적인 광특성 결과를 얻었으며, 이 중에서 HB 백색 LED램프의 색도좌표 값을 얻어 CIE표준광과의 색도좌표(x, y) 위치를 비교 검토할 수 가 있었다.

1. 서론

LED는 전기·전자·통신분야의 신호용에서부터 광고용, 교통·손전등, 디스플레이 분야, 자동차의 브레이크등, 간판, 피난 유도등(exit sign), 전광판 등 현재의 광범위한 용도로써 IT·BT·NT·ET·광산업 및 반도체기술과 접목이 가능한 기술이다.

또한 無수은으로 환경 친화적이고, 초경량으로 전력절감이 탁월하여 기존의 대표적인 조명기기의 대체가 가능하고 장수명·고신뢰성으로 간단한 구동회로와 R/G/B 등의 색상제어가 용이하므로 앞으로 21세기 성장주도산업의 접목기술인 디지털 조명(digital lighting)을 특징으로 한 선도 기술과 디스플레이분야인 BLU(back light unit)로도 자리매김할 것으로 예상된다.

현재까지는 LED자체의 높은 가격과 광속 및 조도가 적어 조명용으로서의 실용화가 크게 부각되고 있지 않으나 LED칩 구조의 개선 및 대량생산과 원가의 절감으로 고출력, 고전류 조명용 Power LED를 기술개발하고 있다. 이는 국가적 차원에서 에너지절감이 절실히 필요한 실정으로 최근의 조명기술 동향은 LED를 사용한 반도체 광원(light source)개발이 크게

부각되고 있다.

즉 적색, 녹색, 청색, 노랑색, 백색 SMD(surface mounted device)형 조명용 HB LED 및 고 전류를 흘릴 수 있는 Power LED개발에 따른 기존 조명기기의 대체가 가능하고 앞으로 선도 조명기술로 자리매김할 것으로 생각된다.

국내·외에서 InGaN를 박막으로 한 고효율 UV LED가 상품화 또는 개발 중에 있으며 백색 LED의 측정방법의 제시와 이에 대한 논의가 활발히 진행 중에 있다. 기존 수직 리드형 HB LED는 공급전류 20 mA의 한계와 PCB상에서의 열에 의한 패키징의 한계로 방열문제를 해결해야 만 하였다.

그러나 점차적으로 박막(InGaN, AlGaIn, AlInGaIn 등) 및 저 결함 GaN기판 성장 기술과 QD(양자점)형성 및 도핑 기술(GaN), Chip Design 및 Package 기술로서 양자 효율 증대와 내열 설계 기술 등의 기술이 진보되어 HB 및 Power LED의 공급전류가 수십에서 수백 mA의 큰 전류를 흘릴 수 있는 초고휘도(ultra high brightness) LED가 개발되고 있다. 기판 위에 청색 InGaIn나 380nm 갖는 UV InGaIn와 360nm GaN LED의 성장이 LED의 고효율 및 고연색화를 실현해가고 있는 것이다.

국내 개발동향으로는 삼성전기, 서울반도체 등을 비롯한 금호전기, LG이노텍, 대진DMP, 목산전자, 루멘스, 나이텍스, 옵토웨이, 중부전기전자, 화우테크놀러지, KDT, 일루텍, 베스비, 포트론, 에피패러, 아도디스 플레이 등 100여개의 기업이 LED 및 LED광원류 등 각종 조명용 LED램프에 대한 기술개발 및 시판중에 있으며, 한국조명기술연구소에서는 2000년도부터 현재까지 조명용으로 사용될 LED램프(MR 16, PAR, 스탠드 및 투광등 등 다수)에 대한 연구개발 및 표준개발 10여건을 완료 및 추진하고 있다.

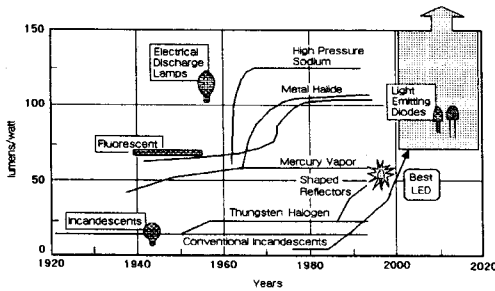


그림 1. 기존 광원과 LED의 효율 비교[1]

표 1. LED의 색상별 개발연도

색 분류 (발광파장)	재료	개발 연도	세부기술사항
적색 (600nm 전후)	GaAs계	1960년대	일반 디스플레이용 소자로 사용 적색 레이저에 활용
녹색 (550nm 전후)	GaP계	1970년대	일반 디스플레이용 소자로 사용
청색 (450nm 전후)	GaN계	1990년대	최신 디스플레이용 소자로 사용 향후 청색 레이저 개발 시, 기록매체의 밀도를 향상하는데 혁신적으로 기대
백색 (전범위 파장)	청색+형광체 기술	1990년대	LCD의 백라이트, 각종 조명기기(형광등 대체)에 응용

*자료 : 특허청 응용소자실

표 2는 LED의 발광색별 가시광 영역(380~780nm)과 보색관계를 나타낸 것이며 그림 4는 LED의 반도체 재료에 따른 CIE 색도좌표(chromaticity coordinate)를 나타낸 것이다.

표 2. 발광색을 표시하는 기호 및 파장영역과 보색

발광색 구분	청색	녹색	노랑색	호박색	적색
기 호	B	G	Y	A	R
파장영역 (nm)	380~490	490~570	570~590	590~620	620~780
보 색	Yellow	Purple	Blue	Green-Blue	Blue-Green

광속 측정 및 상대 분광분포(relative spectral power

distribution)측정 등을 위하여 적분구를 포함한 광속구(integrating sphere photometer)시스템과 광학적 특성을 측정하기 위한 분광기 장치, 이러한 시스템과 장치는 데이터를 취득하기 위한 구성으로 Optical fiber, Filter wheel system, CCD 어레이 등으로 구성되어 있다.

분광기의 CCD어레이는 각각의 파장대에서 광원의 상대분광(relative spectral power)을 측정하도록 하였다.

단파장 빛을 발하는 LED를 시험하기 위한 소형 적분구는 구가 작기 때문에 정밀한 비시감도 $V(\lambda)$ 를 얻을 수 없으므로 LED의 광속 시험은 상대 스펙트럼으로 측정되고, 스펙트럼 시험시에는 1.5 m 광 케이블을 적분구에 연결하고, 광케이블의 다른 쪽 끝은 분광기의 입력 단자(port)에 연결시키고, CCD어레이는 분광기의 출력단자에 부착시킨다. 그리고 시료의 LED를 적분구에 삽입하고 전압 및 전류를 가하여 광 특성을 출력하였다. 적분구에서 LED측정에서 불확도(Uncertainty of measurement)는 온도 $\pm 0.1^\circ\text{C}$, 전압 $\pm 0.1\%$, 전류 $\pm 0.1\%$, 전력 $\pm 0.1\%$, 파장 $\pm 0.1\text{nm}$, 분광에너지 $\pm 0.005\text{units}$ 이다.

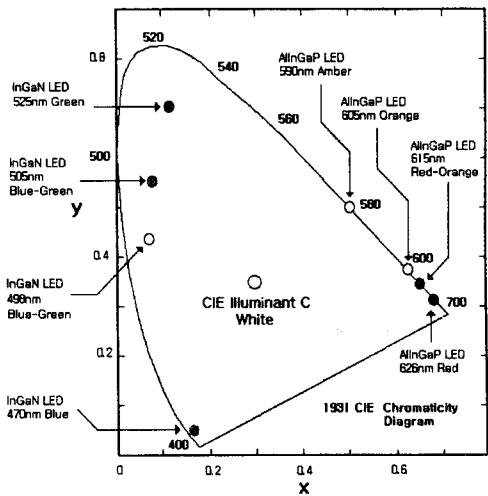


그림 2. LED의 종류별 색도좌표

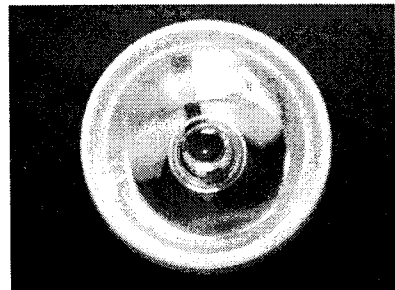


그림 3. LED광원에 사용된 Lens의 형상

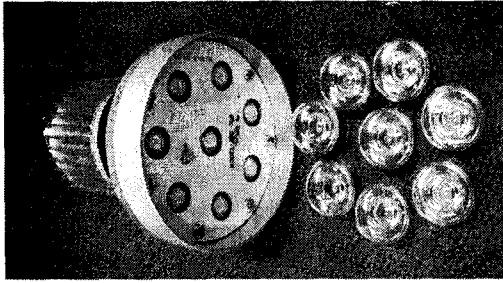


그림 4. Lens와 LED광원의 몸체

2. 결과 및 고찰

LED광원의 광속값(luminous flux)은 각각의 광원별 큰 광속값 차이가 난다는 것을 시험을 통해 알 수 있었고, 표 3은 LED광원의 측정 결과값으로 CIE 색도좌표(chromaticity coordinate)와 주파장(dominant wavelength)을 나타낸 것이며 적색(R), 녹색(G), 청색(B), 백색(W)순으로 주파장은 각각 620[nm], 531[nm], 465[nm], 579[nm]이고, 자극순도(excitation purity)는 0.98, 0.82, 0.97, 0.15이며, 휘도순도(colorimetric purity)는 45[%], 16[%], 279[%], 6[%]로 나타났다.(표 4)

휘도 순도의 크기를 보면 B/R/G/W 순으로 나타났으며, 청색 LED의 휘도 분포는 279[%]로 가장 높았고 백색 LED의 휘도 순도는 6[%]로 가장 적었다. 한편, 청색과 백색 LED의 휘도 순도 비는 약 47배의 차이가 나는 것을 알 수 있었다.

표 3. LED광원의 색도좌표 및 주파장

LED광원	구분 색도좌표		주파장 (nm)
	x	y	
적 색	0.683	0.309	620
녹 색	0.191	0.714	531
청 색	0.140	0.050	465
백 색	0.341	0.354	579

표 4. LED광원의 자극순도 및 휘도순도

LED광원	구분	자극순도	휘도순도(%)
적 색		0.98	45
녹 색		0.82	16
청 색		0.97	279
백 색		0.15	6

표 5. LED광원의 반치폭, 평균파장, 최대파장

LED광원	구분	반치폭 (nm)	가중평균파장 (nm)
적 색		20	623
녹 색		36	528
청 색		23	464
백 색		22	551

LED광원의 반치폭($\Delta\lambda$)은 R/G/B/W 순으로 각각 20[nm], 23[nm], 36[nm], 22[nm]로 나타났다.

그림 5와 6은 국내최초 개발된 8W급 R/G/B LED광원과 백색 LED조명용 광원의 광방사 특성을 측정하는 모습이며, 그림 7은 백색 LED광원의 배광을 측정하는 모습이다. 특히 백색 LED광원은 백열전구(15 lm/W)에 비해 3배 이상의 높은 효율(47.7 lm/W)을 보였고, 배광 측정에서는 78.7%의 효율로 나타났다.



(a) R (b) G (c) B
그림 5. 8W급 LED광원의 광방사 특성측정

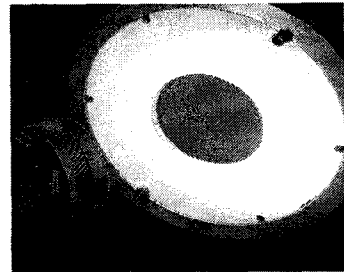


그림 6. 8W급 백색 LED광원의 광방사(47.7 lm/W)

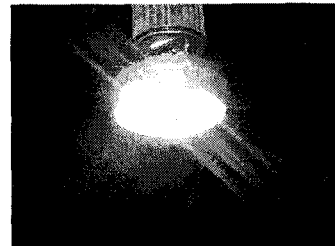


그림 7. 8W급 백색 LED광원의 배광측정(78.7% 효율)

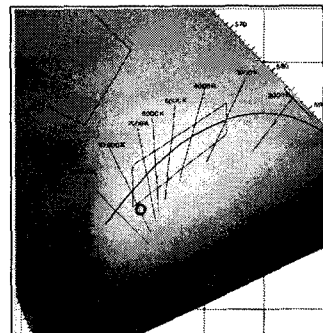


그림 8. 백색 LED의 CIE 색도좌표 특성

3. 결 언

[참고문헌]

최근에 정부의 15/30 LED조명 보급정책에 힘입어 개발된 국내 백색 LED의 광특성을 분석해 보면, 우선 Power LED의 최적배치·설계로서, 백색 LED광원의 경우 50 lm/W정도의 효율로 응용면에서 MR16이나 베이스 타입 등의 형태로 제작하여 스탠드, 복도등, 비상유도등, 침실용 등의 용도에 사용되고, 일부는 LED의 원형이나 면 타입으로 가로등이나 투광등으로도 활용되고 있다.

앞으로 21C 디지털조명이라고 일컫는 LED광원 기술 개발로 세계시장을 선점해야 할 것이다.

R/G/B/W LED광원에 대한 기본적인 광특성 결과를 얻었으며, 이중에서 고휘도 백색 LED램프의 색도좌표 값을 얻어 CIE 1931. 표준광과의 색도좌표 위치를 비교 검토할 수가 있었다.

앞으로 조명용 광원으로써 발광효율[lm/W]증대 및 고효율 LED개발을 위한 산업계, 학계, 연구계 등에서 핵심·복합적인 기술개발을 필요로 하고 있다. 앞으로의 LED광원은 여러 가지 색상 조합과 주변회로의 제어로서 고효율의 빛 연출이 가능하게 될 것이며, 일반 조명용(가정용, 산업용 등) 성능평가방법의 표준화 및 국제규격화로 "Solid-State Lighting" 이라는 새로운 광원으로 등장할 것이다.

- [1] Agilent Technologies Inc, "A Guide to Human Visual Perception and the Optical Characteristics of LED Displays", 1999, 11.
- [2] KS A 0062, 색의 3속성에 의한 표시방법.
- [3] KS A 0074, 축색용 표준광 및 표준광원.
- [4] 한국광기술원, "광 반도체 산업 기술 개발을 위한 신기술 동향 분석 및 전략 수립", 2003, 3.
- [5] 황명근, "조명공학개론", 제12장 LED램프의 특성, 도서출판성우, 2003, 8.
- [6] CIE 15.2, Colorimetry, 2nd ed.
- [7] CIE 127, Measurement of LEDs.
- [8] Myung Keun Hwang 외1, "A Study on Optics and Spectral Energy Distribution Characteristics of LEDs lamp", J. KSES, Vol. 23, No. 1, pp. 68~75, 2003, 3.
- [9] Myung Keun Hwang 외 1, "The LI and LE Analysis of White LED as Luminaire Types for General Lighting" Jour. of The KIIEE, Vol. 18, No. 3, pp. 20~26, 2004, 5.
- [10] Myung Keun Hwang, 외 1, "Optic Characteristics Comparison and Analysis of SMD Type Y/G/W HB LED" Jour. of The KIIEE, Vol. 18, No. 4, pp. 15~21, 2004, 7.
- [11] Myung Keun Hwang 외 2, "A Study on Optic Characteristics of LEDs lamp", Institute of Physics, pp. 487~489, 2004, 7.
- [12] M. G. Craford, "LEDs a Challenge for Lighting", Proc. of the 10th int'l sym. on the science & Tech. of LS, Conf. No. 182, pp. 3~13, 2004, 7.
- [13] Arturas Zukauskas, Michael S. Shur, and Remis Gaska, (2002), "Introduction to Solid-State Lighting", NewYork: John Wiley & Sons.