

## 고휘도 LED R/G/B/A/W의 광특성

황명근, 송정용, 허창수

인하대학교

### The Optical Characteristics of High-Brightness LEDs for R/G/B/A/W Properties

Myung-Keun Hwang, Jung-Yong Song and Chang-Su Huh

Inha Uni.

#### Abstract

고휘도 LED(light emitting diode) 빨강(R), 녹색(G), 파랑(B), 호박색(A), 백색(W) 등의 중요한 광학특성인 광속(luminous flux), 효율(luminous efficacy), 피크 파장(peak wavelength), 가중치 평균 파장(weighted average wavelength), 반치폭(full width at half maximum), 색도좌표(chromaticity coordinate), 주 파장(dominant wavelength), 자극순도(excitation purity)와 휘도순도(colorimetric purity)에 대해서 비교검토하였다. 시험결과로 제시된 LED의 기본적인 특성 데이터는 추후, 새로운 조명용 LED램프나 등기구(luminaire)를 개발 및 특성연구에 많은 도움을 줄 것으로 사료된다.

**Key Words** : LED, 고휘도 LED, CRI, CIE(Commission Internationale de l'Eclairage) 색도좌표

#### 1. 서론

LED(light emitting diodes)는 기존의 전기·전자·통신분야의 신호용에서부터 자동차의 테일램프, 간판, 피난 유도등(exit sign), 전광판 등 광범위한 사용과 함께 최근 국내에서도 고휘도 LED를 사용한 교통신호등 용으로도 규격이 이미 제정된 바, 기존의 백열구에서 LED로 제작된 신호등으로 교체·사용중에 있다. 이러한 LED는 저 소비전력과 장수명 뿐만 아니라 소형경량, 고신뢰성, 간단한 구동회로와 제품 개발시에 적색(R), 녹색(G), 청색(B) 등의 색상제어가 용이한 장점 등을 가지고 있다. 미국, 호주, 러시아, 중국, 프랑스 등에서는 고휘도 LED를 교통신호등 용으로 확대, 사용중에 있어 에너지절약 측면에서도 크게 기여할 것으로 보이며, 아울러 조명용 광원으로도 사용이 가능한 연구개발이 급진전 단계에 이르렀다.

1990년대 HP(미), Nichia(일)사에서 청색 및 백색 고휘도 LED의 개발로 21세기에는 기존의 램프

를 대체할 LED조명 즉, 디지털조명의 상품화를 위한 막대한 투자를 하고 있다. 또한, 근래에 들어서는 세계적인 다국적 조명업체와 LED소자 업체간에 합작법인을 설립, LED조명으로서의 광원개발에 주력하고 있다. 즉 HP Agilent사와 Philips사가 합작하여 LumiLeds사를, Osram사와 Siemens(반도체)사의 합작, GE Lighting사와 Emcore사의 GELCore사 등 새로운 합작사가 생겨나고 있으며, 국내에서도 삼성, LG이노텍 등 반도체 회사에서 고휘도 LED의 연구개발에 박차를 가하고 있어 전 세계적으로 LED조명분야의 시장 각축전이 예상된다.

본 논문에서는 고휘도 LED의 광속(luminous flux)등의 측정을 위하여 100 mm인 적분구(integrating sphere)를 사용하고, PC급에서 LIS제어 프로그램을 사용하여 실험하였다. 표준으로 사용한 LED는 직경이 5 mm로서 NML(national measurement lab.)에서 공급받은 것이며 각각의 LED의 측정조건은 온도 25[°C], 공급전류 20[mA]

를 기준으로 실험하였다.

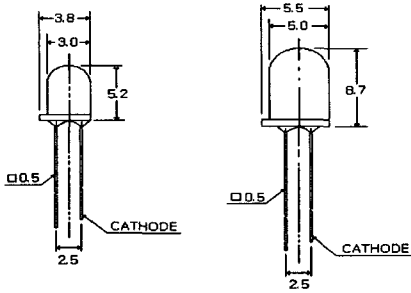


그림 1. 일반적인 3mm, 5mm LED의 외형도

LED의 종류로는 재료에 따라 InGaN (Blue, Green), AlInGaP, GaAsP (Yellow, Orange), AlGaAs, GaAsP(Red) 등의 구별과 LED장의 재료로는 적색 산란수지, 투명수지, 유리렌즈 등을 사용하고 파장범위는 피크파장을 포함하여 발광 스펙트럼의 범위를 나타낸다. 주로 많이 사용되는 3mm, 5mm용 LED의 외형도는 그림 1과 같으며 그림 2는 피크 발광파장 대 스펙트럼 반치폭을 나타낸 것이다.

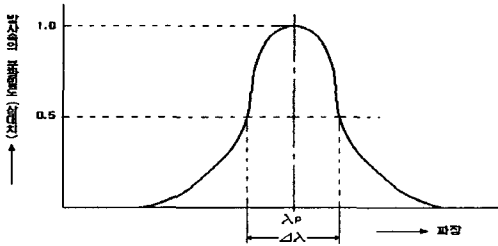


그림 2. 피크 발광파장( $\lambda_p$ ) 대 스펙트럼 반치폭( $\Delta\lambda$ )

표 1은 LED의 발광색별 가시광 영역(380~780nm)과 보색관계를 나타낸 것이며 그림 3은 LED의 반도체 재료에 따른 CIE 색도좌표를 나타낸 것이다.

표 1. 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

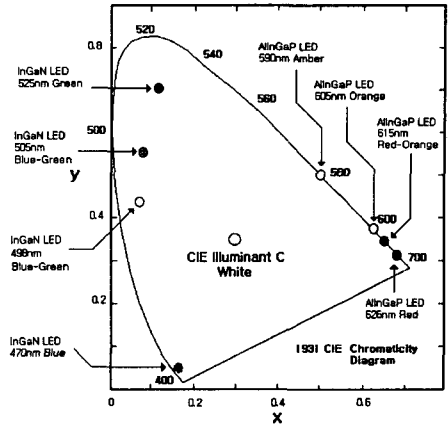


그림 3. LED의 종류별 색도좌표

## 2. 실험

### 2.1 실험장치

광속 측정 및 상대 분광분포(relative spectral power distribution) 측정등을 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 구성되어져 있다.

분광기의 CCD 어레이는 각각의 파장대에서 광원의 상대분광(relative spectral power)을 측정되도록 하였고 그림 4는 실험에 사용한 LED의 종류를 나타낸 것이다.

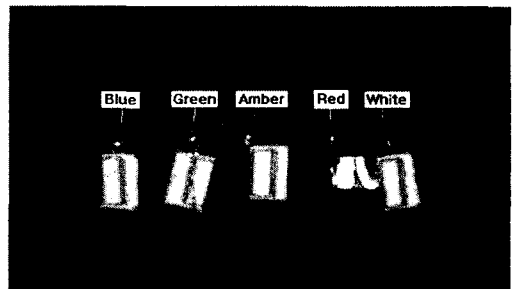


그림 4. 실험에 사용된 LED의 종류

### 2.2 실험순서

단파장 빛을 발하는 LED를 실험 하기 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 한 쪽 끝은 분광기의 입력 단자(port)에 연결시키고, CCD 어레이는 분광기의 출력단자에 부착시킨다. 그리고 시료의 LED를 적분구에 삽입하고 전압 및 전류를 가하여 광 특성을 출력하였다. 적분구에서 LED 측정은 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 $\pm 0.005\text{units}$ 와 같다.

### 3. 결과 및 고찰

LED의 평균 광속값은 1.646[lm]으로서 각각의 LED는 발광색별 큰 광속값 차이가 난다는 것을 실험을 통해 알 수 있었다. 표 2는 시료 LED별 광속의 측정치를 나타낸 것으로서 광속값이 최고 큰 것은 적색 LED로서 4.30[lm]이었다. 표 3과 표 4는 LED시료의 측정 결과값으로 CIE 색도좌표와 주파장을 나타낸 것이며 청색(B), 녹색(G), 호박색(A), 적색(R), 백색(W)순으로 주파장은 각각 471[nm], 527[nm], 593[nm], 632[nm], 581[nm]이고, 자극순도는 0.91, 0.78, 0.99, 0.98, 0.07이며, 휘도 순도는 148[%], 16[%], 35[%], 48[%], 3[%]로 나타났다.

휘도 순도의 크기를 보면 B/R/A/G/W 순으로 나타났으며, 청색 LED의 휘도 분포는 148[%]로 가장 높았고 백색 LED의 휘도 순도는 3[%]로 가장 적었다. 한편, 청색과 백색 LED의 휘도 순도 비는 약 50배의 차이가 남을 알 수 있었다.

표 2 시료 LED의 광속 측정치

구분 시료LED	에이징 시간 (min.)	공급 전압 (V)	광속 (lm)
청 색	15	3.19	1.28
녹 색	14	3.25	1.41
호박색	16	2.15	0.59
적 색	13	2.11	4.30
백 색	14	3.48	0.65

표 3. 시료 LED의 색도좌표 및 주파장

시료LED	색도좌표		주파장 (nm)
	x	y	
청 색	0.137	0.088	471
녹 색	0.173	0.710	527
호박색	0.589	0.407	593
적 색	0.703	0.291	632
백 색	0.327	0.340	581

표 4. 시료 LED의 자극순도 및 휘도순도

구분 시료LED	자극순도	휘도순도(%)
청 색	0.91	148
녹 색	0.78	16
호박색	0.99	35
적 색	0.98	48
백 색	0.07	3

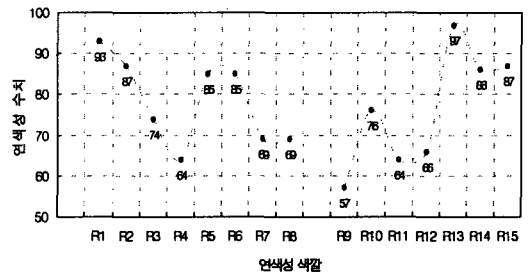


그림 5. 백색 LED의 연색평가 수치(R1~R15)

표 5. 시료 LED의 반치폭, 평균파장, 최대파장

구분 시료LED	반치폭 (nm)	가중평균파장 (nm)
청 색	38	468
녹 색	38	527
호박색	34	596
적 색	24	640
백 색	35	555

LED의 반치폭( $\Delta\lambda$ )은 B/G/A/R/W 순으로 각각 38[nm], 38[nm], 34[nm], 24[nm], 35[nm]로서 평균

33.8[nm]로 나타났다.

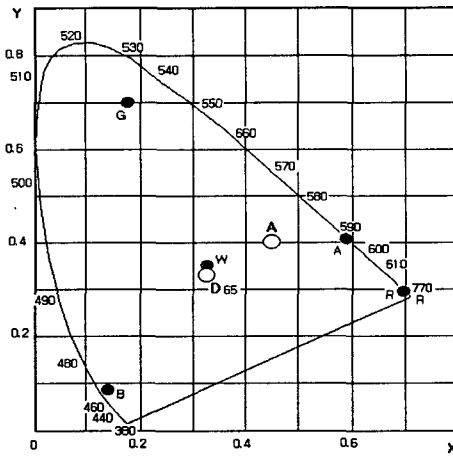


그림 6. 표준광 D<sub>65</sub>와 시료 LED의 색도좌표

#### 4. 결론

R/G/B/A/W LED에 대한 기본적인 광특성 결과를 얻었으며, 이 중에서 고휘도 백색 LED램프의 색깔별로 구분하여 각각의 연색성 값을 수치화하여 평균 연색평가수(Ra)와 색도좌표 값을 얻어 CIE 1931. 표준광과의 색도좌표 위치를 비교검토할 수가 있었다.

조명용 광원으로써 효율[lm/W]증대와 대량생산을 목표로 한 연구개발이 오스람, GE, 필립스 사 등에서 개발에 열을 올리고 있어 향후, LED광원은 여러 가지 색상 조합과 주변회로의 제어로서 고효율의 빛 연출이 가능하게 될 것이며, 따라서 "Solid-State Lighting" 이라는 새로운 조명용 광원으로 머지않아 등장할 것이다.

#### 참고 문헌

- [1] Hewlett Packard. "A New World of Lighting," Traffic Design with HP SunPower 5mm and HEL Lamp Families 1999. 2.
- [2] Agilent Technologies, Inc. "A Guide to Human Visual Perception and the Optical Characteristics of LED Displays," 1999. 11.
- [3] M. K. Hwang, C. S. Huh, "A Study on Optics and Spectral Energy Distribution Characteristics of LEDs lamp", 한국태양에너지학회 논문집, pp. 68~75, Vol. 23,

No. 1, 2008.

- [4] N. Narendran, L. Deng, "Color Rendering Properties of LED Light Sources", Rensselaer Polytechnic Institute, Lighting Research Center, Troy, NY 12180.
- [5] CIE 127, Measurement of LEDs.
- [6] KS A 0061, XYZ색 표시계 및 X<sub>40</sub>Y<sub>10</sub>Z<sub>40</sub>색 표시계에 따른 색의 표시방법.
- [7] KS A 0062, 색의 3속성에 의한 표시방법.
- [8] KS A 0074, 측색용 표준광 및 표준광원.
- [9] CIE 152, Colorimetry, 2nd ed.
- [10] Howard M. Brandston, Art J. Peterson, E. Kevin Simonsen, and Peter R. Boyce. "A White-LED Post-Top luminance for Rural Applications," pp. 227~234 IESNA Paper 2000, Conference Proceedings.
- [11] N. Narendran, J. D. Bullough, N. Maliyagoda, and A. Bierman. "What is Useful Life for White Light LEDs?" Journal of the IES, Vol. 30, No. 1, pp. 57~67. 2001.