

OLED 면광원의 특성 분석

(Analysis of electrical and optical characteristic of surface lighting using organic light-emitting diodes)

김도환* · 나종혁 · 이현영 · 전상규 · 조미령 · 최용원 · 양승용

(Do-Hwan Kim · Jong-Hyuck Na · Hyung-young Lee · Sang-Kyoo Jeon · Mee-Ryoung Cho · Yong-Won Choi · Seong-Yong Yang)

한국조명기술연구소
Korea Institute of Lighting Technology

Abstract

Surface lighting using OLEDs for desk/task lighting has been analyzed its electrical and optical characteristic with a fluorescent lamp which has triple wavelength peak. We have confirmed the good possibility of OLEDs for desk/task lighting. Our engineering sample which has fabricated by co-worker has its characteristics which are luminous efficacy 11.78lm/W at 509mW, CRI Index 75, CCT 4479K, CRI coordinate $x=0.378$, $y=0.4547$, respectively. Additionally another OLEDs samples are used for compartive analysis in view of desk/task lighting.

1. 서 론

OLED(Organic Light emitting diodes)는 유기재료에 전계를 인가하여 전기에너지를 빛으로 바꾸어 주는 소자로서 자체발광, 고속응답, 광시야각, 초박형, 고화질, 내구성, 넓은 온도 범위등 차세대 디스플레이로 각광 받고 있다. 또한 최근 급격히 발전하고 있는 LED 조명과는 또다른 장점으로 인해 조명용으로도 그 가능성을 인정받고 있다. 특히 조명용 백색 OLED는 다양한 형태(점,선,면)의 광원 구현이 가능하며, 또한 그 두께를 매우 얇게(<수mm) 구현할 수 있고, 플렉서블(Flexible)한 기판을 이용하면 다양한 모양으로 광원 구현이 가능하며, 단순한 조명 기기 성능을 뛰어넘어 새로운 형태의 조명시장을 창출할 수 있는 가능성이 매우 높다 [1], [2] [3]. 본 논문에서는 백색 OLED 면광원들의 전기·광학적 특성을 분석하여 보조용 조명 기기로서의 가능성을 확인하였다.

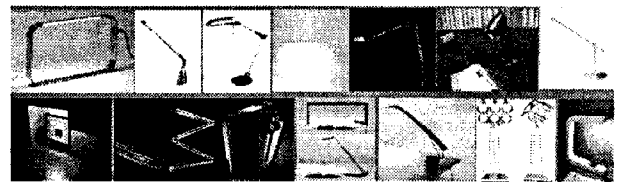


그림 1. 다양한 보조 조명 기기의 종류

2. 본 론

2.1. 개요

보조 조명 기기는 Desk/Task Lighting 즉 가정, 사무실에서 사용되는 스탠드형 조명 기기를 말하며, 그림 1과 같이 그 형태가 매우 다양하여 소비자의 미적욕구를 만족시켜야 할뿐 아니라 소비자에게 업무, 면학에 적합한 성능, 및 안전 사항을 만족해야 한다. 스탠드형 보조 조명 기기의 기본적인 목적은 국부적으로 높은 레벨의 조도를 제공하여, 효율적인 업무, 면학 환경을 조성하는데 있다.

스탠드형 보조 조명 기기의 성능요구사항은 다음과 같다.

- 업무 및 작업이 이루어지는 공간에서 그림자가 없는 배광분포 성능
- 원하는 방향으로 빛을 방사할 수 있는 기구 성능
- 사용자에게 눈부심 불쾌감을 주지 않는 기구 성능
- 배색효과 및 색 평가에 적합한 연색성 성능

참고로 국내에서 적용하고 있는 KS C 7656(이동형 LED 등기구의 안전 및 성능 요구사항)에서 권장하는 광학적 성능 기준은 표1과 같다.

표 1. KS C 7656 규격의 광학적 성능 특성 기준

구분K	색온도K	최소조도lx	평균조도lx	최대조도lx
6500	6530±510	600	1000	1500
5700	5665±355			
5000	5028±283			
4500	4503±243			
4000	3985±275			
3500	3465±245			
3000	3045±175			
2700	2725±145			

표 1에 대한 조도 평가법은 KS C 7612, 한국조명기술 연구소에서 제안 제정안 KS C 7656에 따르며, 측정 방법은 주위 온도(25±1)℃와 최대 65%의 상대습도를 갖는 통풍이 없는 암실에서 측정해야 하며 조도 측정은 그림 2과 같이 조도 측정방법의 수평면 조도를 측정한다. 분할선 교점이 1 point씩 전체 9 point가 되도록 결정하여, 이 중 중심 point가 측정하려는 시료와 수직 하방이 되도록 측정하여 평균조도 구한다. 또한 평균 조도는 아래 식과 같이 계산한다 [4].

$$E_i = \frac{1}{9}(E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5 + E_6 + E_7 + E_8 + E_9)$$

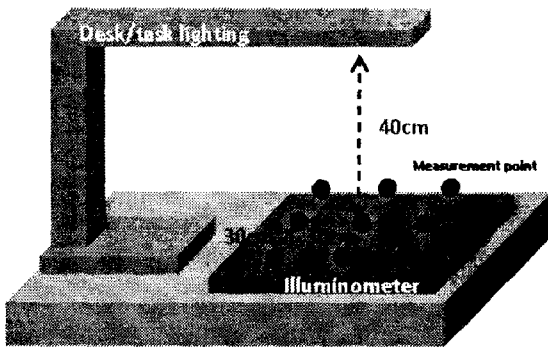


그림 2. 도식화된 보조 조명 기기의 조도 평가법

2.1. 전기적 · 광학적 특성 분석

본 연구에서 분석한 시제품들은 국내의 Engineering 시제품을 분석하였고 표 2와 같이 총 6개의 시료를 이용하여 분석하였다.

표 2. 분석에 이용된 시료

	Sample #1-1	Sample #1-2	Sample #2-1	Sample #2-2	Sample #3-1	Sample #3-2
Size	43x47mm	20x120mm	100x100mm	100x100mm	30x120mm	30x120mm
Color	White	White	White	White	Green	White

각 시료는 직사각형 혹은 정사각형의 면광원이며, Size는 각각 43x47mm, 20x120mm, 100x100mm, 30x120mm이며, 색깔은 백색과 녹색을 이용하였다. 참고로 본 연구소에서 수행하고 있는 과제인 시제품은 시료 #3으로 녹색과 백색 OLED 면광원이다.

먼저 전기적인 특성 중 I-V 특성에 대해 시료#1과 시료#3을 비교한 결과를 보면 그림 3, 4와 같다. 단위 면적당 순방향 전류의 특성을 보면 시료 #1-1 (43.7x47.4mm) 특성이 3.69V에서 0.81A/mm²의 특성으로 다른 크기의 시료보다 매우 우수한 특성을 가지고 있으며, 이는 대면적 OLED 패널 제작에 있어 short circuit, hot spot, heat generation 등의 원인에 기인한다고 할 수 있다 [5]. OLED 면광원을 이용하여 보조 조명 기기를 개발할 시 대면적의 OLED를 이용한 구현이 생산 원가 감소를 통해 제품 단가의 하락, 결과적으

로 시장의 점유율을 높이는데 매우 중요한 요소이기는 하나 Time to Market의 관점에서 가장 효율적인 특성과 수율을 확보할 수 있는 OLED 패널 면적 결정이 선행되어야 하며, 이에 추가적으로 제품을 열화시키지 않을 최대 허용 전압 및 전류등의 결정도 함께 수반되어야 한다. 왜냐하면 단위 면적당 전류밀집도의 특성이 아무리 우수하다고 하더라도 제품 상용을 위해서는 패널의 고출력화가 필수적인 요소이기 때문이다.

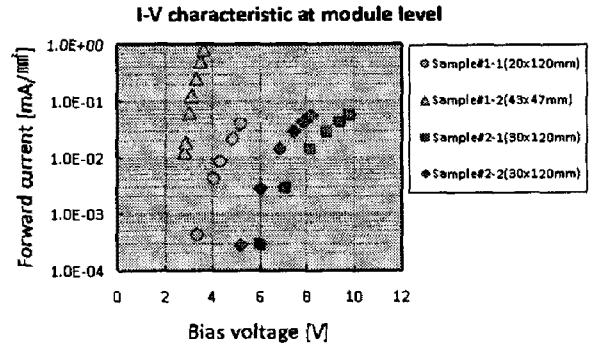


그림 3. 분석된 시료의 단위면적당 순방향 전류 특성

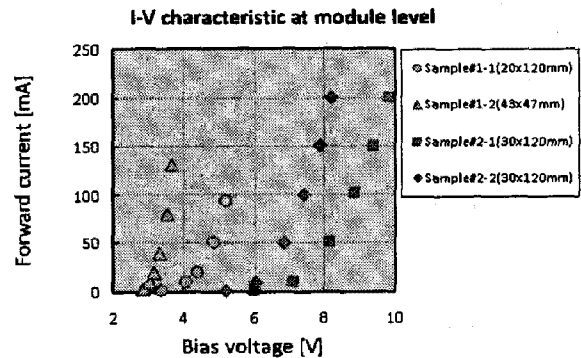


그림 4. 분석된 시료의 순방향 전류 특성

다음으로는 광학적 특성에 대해 고찰하였다. 보조 조명 기기는 기존의 시장이 존재하고 있으며, 결과적으로 기존의 광원과의 경쟁을 통해 시장 점유율을 높여야 함을 알 수 있다. 표 3을 보면 DOE (Department of Energy)에서 제공하고 있는 보조 조명 기기의 광학적 특성에 대해 비교한 것이다 [5].

표 3. DOE에서 제공한 광원별 광학적 특성 비교

	Halogen	Non-ES CFL	ES-CFL	LED1	LED2	LED3
CCT	2856K	3432K	2891K	4390K	6255K	3631K
CRI	100	79	81	88	74	71
Luminaire Lumens	351	236	700	148	301	430
Luminaire Watts	36	10	16	10	11	10
Luminaire Efficacy (lm/W)	9	24	43	16	27	42

앞서 설명했던 것과 마찬가지로 보조 조명 기기는 소비자의 목적이 그대로 반영되어 구현되어야 하므로, 전력 절감 효과 이외에도 연색성과 휴머니즘이 강조되어야 한다. 국내에서도 이동형 LED 등기구의 성능 및 안전 요구사항의 경우 연색성을 80이상으로 규정하고 있다. 본 논문에서는 OLED 면광원의 보조 조명 기기로서의 가능성을 확인하기 위하여 국내에서 시판되고 있는 41.3W의 소비전력을 갖는 삼파장 스탠드형 형광등을 측정하였다. 결과를 비교하여 보면 연색성은 80, 색온도는 6405K, CRI x,y좌표는 $x=0.314$, $y=0.333$, 광효율은 63lm/W의 특성을 가지고 있고 광 스펙트럼은 그림 5와 같다.

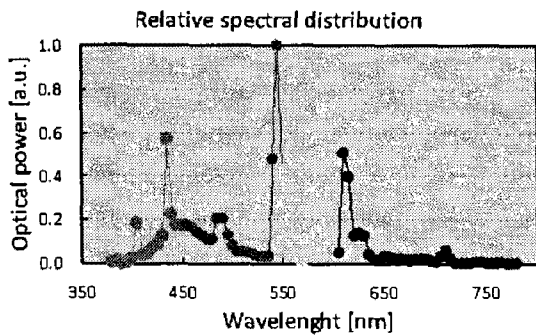


그림 5. 삼파장 형광등의 광 스펙트럼

기준으로 삼고 있는 삼파장 스탠드형 형광등의 특성은 기본적으로 요구하고 있는 연색성, 광효율 특성을 만족하고 있음을 알 수 있었다.

본 논문에서는 광학적 특성을 비교하기 위하여, 절대광속 측정기와 휘도계를 이용하여 측정 분석하였고 그림 6과 그림 7에 도식하였다.

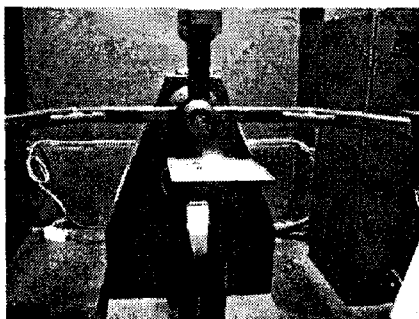


그림 6. 절대광속 측정시스템의 측정 모습

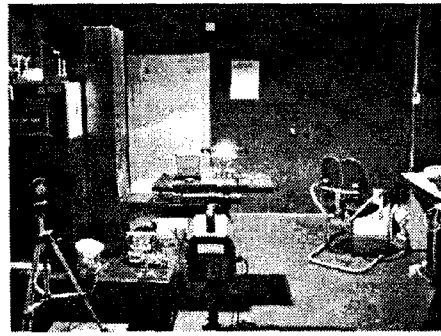


그림 7. 휘도측정 시스템의 측정 모습

OLED면광원 패널의 절대광속기에서 측정된 광효율을 살펴보면 표 4와 같다.

표 4. OLED면광원의 광효율 특성

	Sample #1-1 (White)	Sample #1-2 (White)	Sample #2-1 (White)	Sample #2-2 (White)	Sample #3-1 (Green)	Sample #3-2 (White)
Size	43x47mm	20x120mm	100x100mm	100x100mm	30x120mm	30x120mm
Lumen Efficacy [lm/W]	14.36	13.15	2.59	2.64	13.16	11.78
Applied Power [mW]	348 @ 3.6V	456 @ 3.7V	5468 @ 7V	4005 @ 6.7V	524 @ 8.41V	509 @ 7.18V

분석에 이용하였던 OLED 면광원의 광효율 특성을 살펴보면 43x47mm의 가장 작은 Size 시료에서 14.36lm/W의 광효율과 5V 이하의 낮은 구동 전압으로 가장 우수한 특성을 나타내었으며, 가장 큰 Size인 100x100mm의 시료의 경우 2.64lm/W로 매우 낮은 광효율 특성을 보여주었으며, 이를 통해 각 시료의 OLED 공정은 각기 다르지만 특정 Size 이상에서 급격히 광효율 특성이 떨어짐을 추정할 수 있었다. 분석된 OLED 면광원 특성을 이용하여 보조 조명 기기로서의 가능성을 살펴보면 광효율이 50lm/W 이상이 되어야 삼파장 형광등에 근접한 조도를 구현할 수 있을 것으로 사료된다.

다음으로 OLED 면광원의 스펙트럼, 색온도, 연색성에 대한 특성을 고찰하였고, 색온도, 연색성 지수는 표 5, 스펙트럼은 그림 8과 같다.

표 5. OLED면광원의 CRI, CCT 특성

	Sample #1-1 (White)	Sample #1-2 (White)	Sample #2-1 (White)	Sample #3-2 (White)
Size	43x47mm	20x120mm	100x100mm	30x120mm
Color Temp.[K]	3364	4886	4225	4479
CRI index [Ra]	73	64	76	75

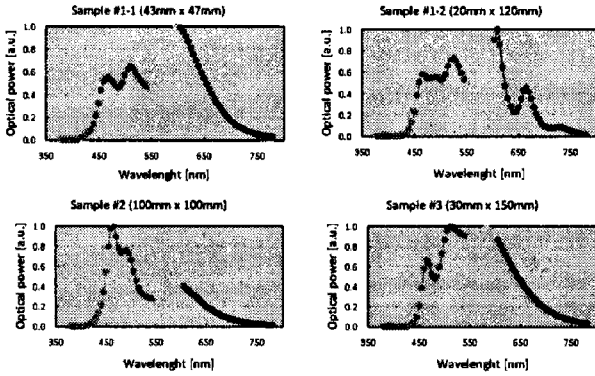


그림 8. OLED 면광원의 광 스펙트럼 비교

연색성 지수의 경우 광효율이 가장 낮았던 100mm x 100mm의 시료가 76으로 가장 우수하였다. 인간의 눈이 가장 효과적으로 반응하는 녹색 스펙트럼 영역의 peak 이 존재여부와 삼파장 램프에서도 나타내었듯이 청색, 녹색, 적색 스펙트럼에서의 적절한 Peak의 조합이 고연 색성등의 우수한 광특성을 갖추는데 반드시 필요함을 알 수 있었다. 그림 9에는 각 시료의 CRI 색좌표를 도 식화 하였다. 시료 #1-1의 경우 CRI색좌표가 $x=0.4131$, $y=0.3936$ 으로 흑채복사현상과 가장 근접한 특성을 보여 주었다.

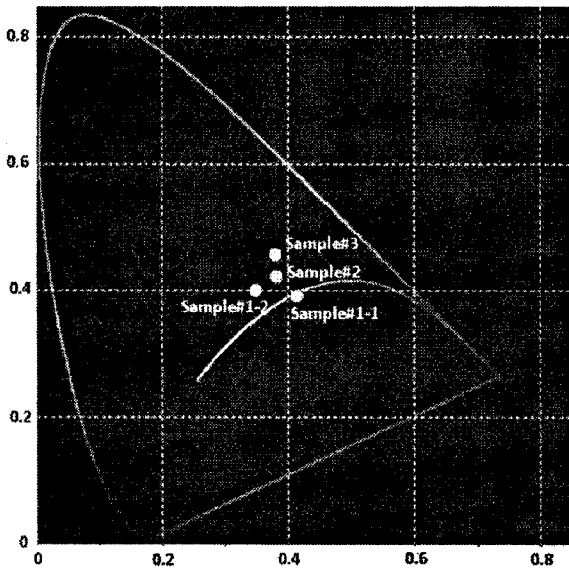


그림 9. CRI 색 좌표 특성

3. 결 론

본 논문에서는 보조 조명 기기의 성능 기준 및 OLED 면광원의 보조 조명 기기로서의 가능성을 고찰 하였다. 본 연구소에서 수행한 과제를 통해 제작한 시 제품의 경우 30x150mm의 size로 광효율은 11.78lm/W @ 7.18V, 연색성 지수는 75, CRI색좌표는 $x=0.378$, $y=0.4547$ 로 그 가능성을 확인 할 수 있었다.

[1] J. Shinar, Organic Light-Emitting Devices : A survey. College Park, MD: AIP Press, 2004.

[2] Robert F. Service, "Organic LEDs Look Forward to a Bright, White Future," Science Vol. 310, p1762. 2005.

[3] J. Kido, "High performance OLEDs for displays and general lighting," pp. 931~932.

[4] KS C 7656 "이동형 LED 등기구의 성능 및 안전 요구사항"

[5] Jongwoon Park, Jongho Lee, Dongchan Shin, and Seounghwan Park, "Luminance Uniformity of Large-Area OLEDs with an Auxiliary Metal Electrode," J. Display Technology Vol. 5, No. 8, pp.306~311. August 2009.

[5] U.S. Department of Energy : Energy Efficiency & Renewable Energy Homepage.