

◆ 특집 ◆ FPD(Flat Panel Display) 제조 및 검사 공정 기술

LED Lens 의 이심률에 따른 출광 특성

LED Output Light Characteristic by Lens Eccentricity

김영철^{1,✉}, 유종선²
Young Chul Kim^{1,✉} and Jong-Sun Lyu²

¹ 을지대학교 안경광학과 (Department of Optometry, Eulji Univ.)

² 선문대학교 전자공학과 (Department of Electronic Engineering, Sun Moon Univ.)

✉ Corresponding author: yckim@eulji.ac.kr, Tel: 031-740-7201

Manuscript received: 2011.12.30 / Accepted: 2012.10.6

We have investigated the LED lens eccentricity effect on light intensity distribution. For the purpose, we introduced an equation of focal length for paraboloid, and then made a comparative analysis of the theoretical result and 3-D simulation result.

Key Words: LED, Eccentricity (이심률), Focal Length (초점거리), Simulation (시뮬레이션), Light Intensity (광 세기)

기호설명

e = eccentricity of ellipse

1. 서론

LED (Light Emitting Diode)는 빛을 방출하는 반도체 소자로서 그 방식이 친환경적이어서 냉음극 형광램프 (CCFL; Cold cathode fluorescent lamp)와 같이 환경오염물질을 사용하지 않을 뿐만 아니라 백열등보다 광 변환효율이 매우 높다. 따라서 최근에 모바일 디스플레이는 물론이고, 모니터, TV 등 거의 모든 TFT-LCD (Thin film transistor liquid crystal display) 디스플레이 제품에서는 백라이트용 광원으로 LED 를 사용하고 있다. 또한 실내조명은 물론 야외 조명, 가로등, 신호등을 비롯하여 조명용 광원으로서의 수요가 급격히 늘어나고 있다.

이에 따라 LED 를 활용한 다양한 용도에 맞는 설계 및 그에 따라 발생하는 문제점을 해결하기 위한 연구가 활발히 이루어지고 있다.^{1,2}

LED 는 용도에 따라 다양한 모양과 각각의 출력 특성이 요구된다.^{3,4} 아래 그림 1 은 일반적인 LED 의 외형과 구조를 나타낸 것이다. 그림 1(b)에서 볼 수 있는 바와 같이 일반적인 LED 는 전원을 공급하기 위한 두 개의 전극이 있고, 전기에너지를 빛으로 변환하여 방출하는 칩(chip) 부분과 뒤쪽 방향으로 손실되는 빛을 줄이기 위한 반사판(reflecting plate) 그리고 빛의 방출 특성을 좌우하는

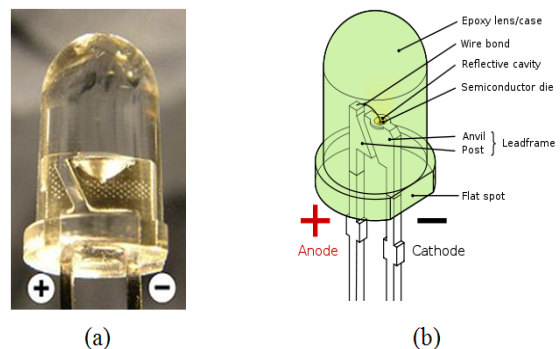


Fig. 1 LED (a) structure and (b) parts

에폭시 렌즈(epoxy lens)로 구성되어 있다.⁵ LED 는 다양한 용도로 쓰이고 있기 때문에 광 효율을 높이거나 각각의 용도에 맞는 광 출력 특성을 갖도록 설계하는 것이 필요하다.⁶ 따라서 본 연구에서는 렌즈 모양에 따른 광 출력 특성을 분석하였다.

2. 이론적 분석

그림 2 는 LED 에 의한 광출력 분포를 나타낸 것이다. 그림 2(a)는 한 개의 LED 에 의한 광출력 분포인데, 앞 쪽으로 방출되는 빛이 가장 강하지만 측면으로도 빛이 방출되는 것을 볼 수 있다. 측면으로 방출되는 빛은 LED 로부터의 거리에 따른 빛의 세기를 급격하게 약해지게 하는 요인 중 하나로, 정면에서 측정되는 빛의 세기에는 거의 영향을 주지 않는다. 그렇지만 그림 2(a)와 같이 여러 개의 LED 가 균을 이루고 있을 때, 근접한 LED 에 의한 출력광들이 섞여 먼 거리에서 측정 할 때는 먼 광원처럼 보이는 효과를 낼 수 있다. 이러한 특성 때문에 문자나 영상을 표현하는 디스플레이에 사용되는 경우는 글자들이 선명하지 않고 글자의 경계선이 흐릿해지는 번짐 현상이 발생할 수 있다.

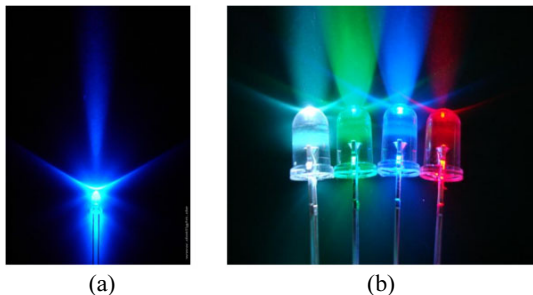


Fig. 2 Light intensity distribution of LED

그림 3 은 뒤쪽 방향의 광선이 구면 반사판에 의해 반사된 후, 렌즈에 의한 굴절되는 것을 도식화 한 것이다. 렌즈는 볼록 렌즈 형태로 빛을 모아 주는 역할을 한다. 빛을 모아줌으로써 LED 에서 방출되는 빛이 보다 먼 곳에서 관측될 수 있게 해 준다. 또한 뒤쪽으로 방출된 빛의 손실률을 낮추기 위하여 반사판을 설치하게 되는데, 그림 3 에서와 같이 반사판이 구면인 경우 빛을 모아 주는 효과가 있다. 또한 발광 칩(chip)을 구면 반사경의 초점에 위치하도록 하면 반사경에 의해 반사된 빛은 광축과 평행하게 진행 한다.

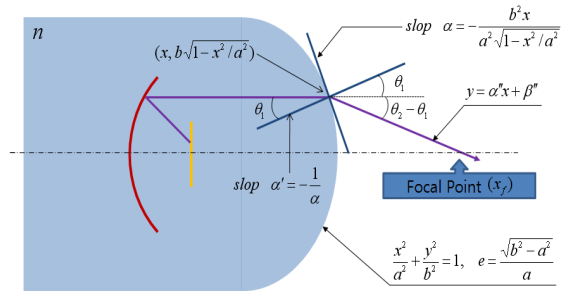


Fig. 3 Focal length versus lens eccentricity

다양한 광출력 특성을 분석하기 위하여 렌즈를 구(sphere)가 아닌 보다 일반적인 포물체(paraboloid)로 설정하였다. 이 경우 그림 3 의 단면에서의 표면은 포물선의 방정식

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \tag{1}$$

을 만족한다. 또 포물선의 이심률 e 는

$$e = \frac{\sqrt{b^2 - a^2}}{a} \tag{2}$$

이고, 2a 와 2b 는 각각 포물선의 장축과 단축의 길이이다. 평행광선이 렌즈의 표면에서 굴절되어 렌즈 밖으로 방출된 후 광축과 만나는 초점거리, x_f 는

$$x_f = x - \frac{b\sqrt{1 - x^2/a^2}}{\alpha''} \tag{3}$$

여기서 α'' 는 음수이므로 x_f 는 항상 양의 값이고, α'' 과 x 는 평행 광선의 광축으로부터 높이와 스넬(Snell)의 법칙, n sin θ_1 = 1 · sin θ_2 로 결정 된다.

그림 4 는 식 3 에 의해 계산된 렌즈의 이심률에 따른 초점 거리이다. 이심률이 커질수록 초점 거리는 점점 커지다가 0.9 를 전후로 하여 급격히 증가하는 것을 볼 수 있다. 포물선의 방정식으로부터 정의된 바와 같이 이심률 e 가 0 이면 원이고, 1 이면 평면이다. 따라서 렌즈 표면이 구면이면 렌즈 앞 일정한 점에서 평행광선이 광축과 만나고, 이심률이 커서 렌즈 표면이 평면에 가까워지면 초점거리는 무한대가 된다. 즉, 평면인 렌즈에 수직

으로 입사한 광선은 굴절 후에도 집중되지 않고 광축과 평행하게 진행하는 것을 의미한다. 따라서 이심률이 큰 렌즈인 경우 LED 칩에서 방출된 빛은 퍼짐이 없이 멀리까지 진행하여 광원으로부터 먼 곳에서도 관측된다.

물론 LED 에서 방출되는 빛이 광축에 평행한 광선만 방출되는 것이 아니고, 일정한 각도 범위에서 모든 방향으로 방출되기 때문에 당연히 LED 로부터 멀어지면 빛의 세기가 약해진다. 하지만 이심률이 큰 렌즈로 제작된 LED 는 앞에서 계산한 초점 거리가 커서 비교적 멀리에서도 잘 보일 수 있다.

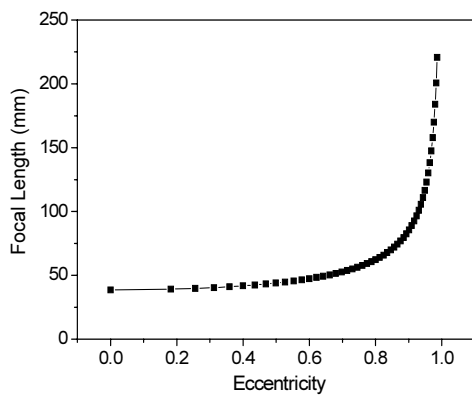


Fig. 4 Variation of focal length versus lens eccentricity

3. 시뮬레이션 분석

그림 5 는 LED 렌즈의 이심률 변화에 따른 출력 광선의 변화를 나타낸 것이다. 그림 5(a), (b), (c) 중

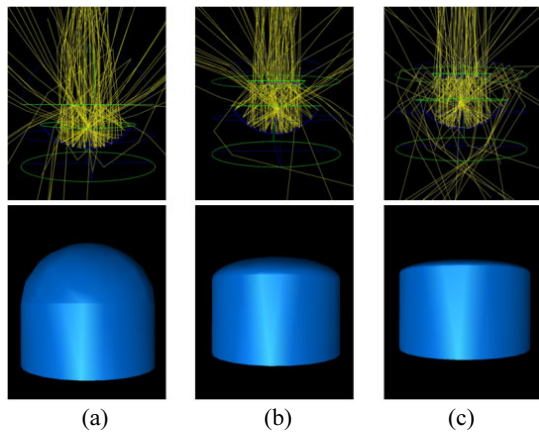


Fig. 5 Comparison of LED's output rays

에서 (a)의 이심률이 가장 작고 (c)가 가장 크다. 이심률이 작은 경우인 (a)에서는 렌즈 효과에 의하여 광선이 렌즈 표면에서 굴절되어 빛이 모아 지는 것을 볼 수 있다. 광선들이 렌즈 표면의 가까운 점에서 교차하여 다시 퍼지기 때문에 먼 곳에서 매우 희미해진다. 반면에 이심률이 가장 큰 (c)에서는 렌즈 표면이 평면에 가깝고 광선들은 굴절 후에도 광축에 거의 평행하게 진행하는 것을 볼 수 있다. 따라서 먼 곳까지 빛의 세기를 유지할 수 있게 되어 옥외 전광판과 같이 먼거리 조명 및 디스플레이에 적절할 것으로 판단된다.

그림 6 은 LED 렌즈 중심으로부터 거리에 따라 10 mm 에서 100 mm 까지 광분포를 나타낸 것이다. 가까운 곳에서는 LED 칩의 원래 형태인 사각형으로 보이다가 점차 칩의 형태는 희미해지고 빛의 세기도 점점 약해진다. 이를 수치로 나타낸 것이 그림 7 이다.

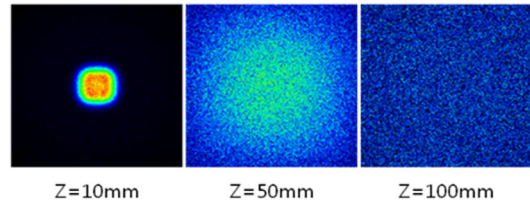


Fig. 6 Light intensity distribution according to the distance

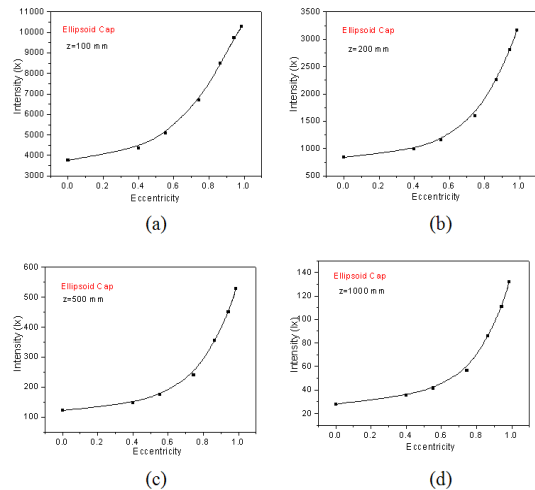


Fig. 7 Light intensity according to the distance

그림 7 은 LED 렌즈 이심률에 따라 LED 로부터 일정 거리, (a) 100 mm (b) 200 mm (c) 500 mm (d)

1000 mm 에서의 빛의 세기를 나타낸 것이다. LED의 출력은 본 시뮬레이션 연구에서 임의로 설정하였기 때문에 출력의 절대적인 수치는 큰 의미를 갖지 않는다. 다만 그래프에서 볼 수 있는 바와 같이 이심률이 커짐에 따라 측정되는 출력의 세기도 점점 커지는 것을 알 수 있다. 이는 앞에서 분석한 바와 같이 이심률이 커져 LED 표면이 평면에 가까우면 평행 빔에 근접하게 되고 초점거리는 커져서 멀리에서도 보다 강한 빛이 관측되는 것이다. 그림 7의 이심률에 따른 출력 분포는 그림 4의 이심률에 따른 초점거리 분포 유사함을 확인 할 수 있다.

4. 결론 및 논의

LED는 친환경 고효율 광원으로 각종 디스플레이 및 조명에서 가장 널리 사용되고 있다. 그 활용 범위 및 용도가 다양하여 각각의 용도에 맞는 LED 렌즈 설계가 요구되고 있다. 본 연구에서는 LED의 렌즈 곡률에 따라 광선들이 서로 교차하는 거리를 이론적으로 계산하였으며, 시뮬레이션을 통하여 렌즈 이심률에 따른 광의 세기 변화를 조사하였다.

렌즈 이심률이 커짐에 따라 렌즈의 초점거리가 점점 커지는 결과를 이론적으로 도출하였으며, 시뮬레이션을 통하여 이심률이 클수록 일정거리에서의 광세기가 점점 증가한다는 것을 입증하였다. 또한 광세기 분포 곡선과 이론적인 초점 거리 분포가 매우 유사함을 확인하였다. 이에 따라 본 연구 결과는 LED를 광원으로 사용하는 실내, 실외 조명뿐만 아니라 전광판 등과 같은 효과적인 정보 전달 기기 및 다용도의 기기에 맞도록 최적의 렌즈의 이심률을 적용 가능하게 하므로써 LED의 광변환 효율을 향상시키는데 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

후 기

This work was supported by grant No. RTI 04-01-02 from the Regional Technology Innovation Program of the Ministry of Knowledge Economy (MKE).

참고문헌

1. Ban, J. S., Jung, Y. H., Yang, H. S., and Kim, S. J.,

- “The Life Span of LED by the Rising Glass Transitions Temperature of Epoxy,” J. of the KSPE, Vol. 29, No. 1, pp. 109-113, 2012.
2. Jung, T. S. and Kang, H. K., “Evaluation on the Cooling Performance to Design Heat sinks for LED lightings,” J. of the KSPE, Vol. 29, No. 7, pp. 778-784, 2012.
3. Park, S. J., “Light Extraction Technique of LED,” Physics & High Technology, Vol. 17, No. 11, pp. 13-15, 2008.
4. Kim, J., “The Issues and the Technology Trends of LED,” Electronics and Telecommunications Trends, Vol. 24, No. 6, pp. 61-76, 2009.
5. Lee, S., “Guide to LED,” IT SoC Magazine, Vol. 23, pp. 48-491, 2008.
6. Schubert, E. F., “Light-Emitting Diodes,” Cambridge University Press, 2006.