

LED 광원의 최적화 설계에 대한 연구

양복영* · 이현룡 · 김용갑**
원광대학교

Optimal Design of Light Source LED

Bok-Yeong Yang* · Hyun-Ryoun Lee · Yong-K. Kim**

Abstract - there are several methods to raise the LED efficiency. In this paper, we designs a simulation(method) to promote the LED efficiency by attaching another lens to a lead type LED lamp. this concentrates a dispersed light.

1. 서 론

초기의 발광다이오드(light emitting diode: LED)는 휘도가 낮고 광색의 한계가 있어 주로 신호용 또는 표시용 소자로서 많이 사용되어 왔지만, 최근 들어 LED의 원재료가 개발되고 생산 기술이 진보함에 따라 백색을 포함한 가시광선 영역에서 모든 색깔의 고 휘도 LED가 등장하게 되었다. 그로 인하여 비로소 일반 조명 분야까지도 사용되기에 이르렀다. LED는 긴 수명, 낮은 소비전력, 높은 신뢰성, 디자인의 유연성, 적외선 자외선 등이 방사되지 않아 피조사물에 대한 안정성 등 많은 장점이 있어서 더 많은 응용분야에서 백열등을 점진적으로 대체해 나가고 있다.

일반적으로 LED 램프는 light source에서 ray가 나갈 때 epoxy lens에 반사되어 뒤로 산란 된다. 이렇게 산란된 빛이 많을수록 소요되는 LED 램프의 수량이 증가하거나 전력의 손실이 커지는 문제점이 나타날 수 있다.

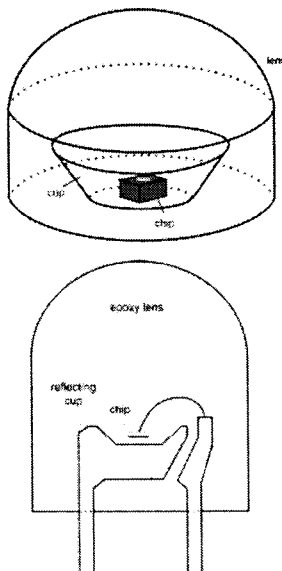
이러한 문제점들을 보완하기 위해서는 광학적 설계가 함께 이루어져야 한다. 따라서 본 논문에서는 LED 램프를 이용하여 광을 효율적으로 사용하는데 목표를 둔다. 이를 위하여 기존에 나와 있는 LED epoxy lens 설계이론과 렌즈 설계이론을 이용하였고, 결과 값을 도출하기 위해 현재 많이 사용하고 있는 툴 중에 LightTools를 이용하여 시뮬레이션 하였다.

2. 본 론

2.1 LED의 구조

LED의 종류에는 lead형, SMD형, COB형, 파워-LED FU형, 파워-LED FD형이 있다. 그 중에서 lead형의 LED를 이용하여 광학 설계를 하였다. 광학적 설계 관점에서 lead형 LED 램프는 그림 1 상부에서 보는 바와 같이 LED 칩, reflecting cup, LED 렌즈의 3개 요소만으로 간략히 나타낼 수 있다. 칩으로부터 방출된 광자들은 reflecting cup으로부터의 반사를 거치거나 렌즈와 공기사이의 계면에 도달한 후 대부분 굴절과정을 거쳐 램프 밖으로 빠져 나가게 된다.

이때 출력광자들 각각의 구체적인 진행 방향에 따라서 LED 램프 고유의 빔 패턴이 형성되게 된다.



<그림 1> LED 램프 구조

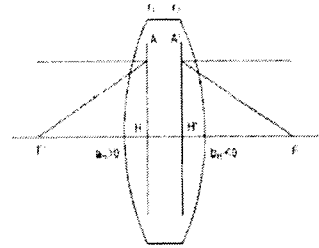
2.1.1 볼록 렌즈 설계와 LED epoxy lens 법

볼록 렌즈 설계 이론은 다음과 같다.

얇은 렌즈의 경우, 두 구면의 곡률반경을 임의하는 쪽으로부터 r1, r2라고 하고 굴절률을 n이라 하면 다음과 같은 식이 성립한다.

$$\frac{1}{f} = -\frac{1}{f'} = (n-1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

두꺼운 렌즈에서는 렌즈 내에 그림에서 H, H'로 나타낸 것과 같은 점을 생각하여, 이것을 각각 제 1주점, 제 2주점이라 한다. H, H'간의 간격은 무시한다. 렌즈의 두께를 d(>0)라 하면, 제 1면, 제 2면 으로부터 H, H'까지의 간격 aH, bH는 각각



<그림 2> Thick Lens

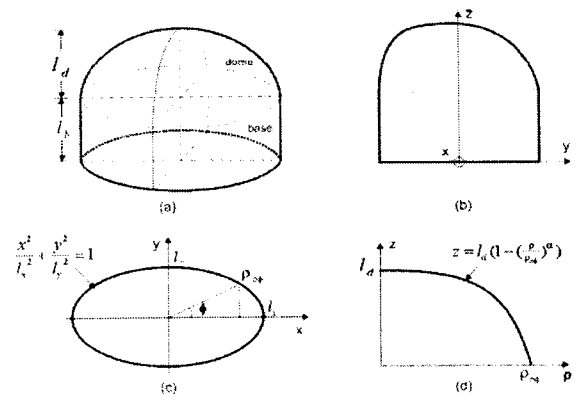
$$a_H = \frac{-r_1 \cdot d}{n(r_2 - r_1) + (n-1)d}$$

$$b_H = \frac{-r_2 \cdot d}{n(r_1 - r_2) + (n-1)d}$$

로 주어지며, 이때 렌즈의 공식은 얇은 렌즈와 같이 다음 식으로 주어진다.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f'} = (n-1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) + \frac{(n-1)^2 \cdot d}{n \cdot r_1 \cdot r_2}$$

다음은 epoxy lens 설계법이다. 칩 밖으로 빠져 나온 광자들이 LED 렌즈면과 공기 사이의 계면에 도달한 후, 굴절 과정을 통하여 대부분의 광자들이 밖의 공기 중으로 빠져 나온 이후 진행방향의 분포는 LED 렌즈의 곡면의 구체적인 모양에 의해서 결정되기 때문에 렌즈의 설계는 빔 패턴을 최종적으로 마무리 짓는 요소라고 할 수 있다.



<그림 3> LED 렌즈의 구조(a)전체 보기, (b)옆면보기, (c)윗면 보기, (d) dome profile.

LED 렌즈는 그림 3에 도식적으로 보인 바와 같이 보통 base와 dome의

두 부분으로 나누어 생각하는 것이 편리하다. 본 논문의 경우, 렌즈의 base는 수평단면이 밑면에서부터 높이 l_b 까지 에 걸쳐

$$\frac{x^2}{l_x^2} + \frac{y^2}{l_y^2} = 1$$

$$0 < z < l_b$$

와 같이 동일한 모양의 타원을 하고 있는 타원형 기둥으로 가정하였다. 위에서 l_x 와 l_y 는 각각 수평단면 타원의 x와 y 방향의 반경을 의미한다. 렌즈의 dome은 base의 위에 놓이는 부분으로 보통 임의의 radial 방향에 대한 수직 단면 profile 함수에 의해 정의될 수 있는데, 본 연구에서는

$$z = l_b + l_d \left(1 - \left(\frac{\rho}{\rho_0(\phi)} \right)^\alpha \right)$$

와 같이 원통 좌표계 (ρ, ϕ, z) 로 표현된 단면 profile 함수를 도입하였다. 여기서 $l_d, \rho_0(\phi), \alpha$ 는 각각 렌즈 dome의 base 윗면으로부터의 높이, dome 밑면에서의 방향각 ϕ 방향 쪽으로의 반경, dome profile 차수를 의미한다. 렌즈의 dome의 밑면은 base와 완전히 정합을 이루어야 하는데, 이를 위해서는 변수 $\rho_0(\phi)$ 는

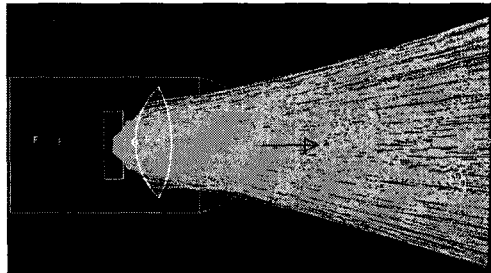
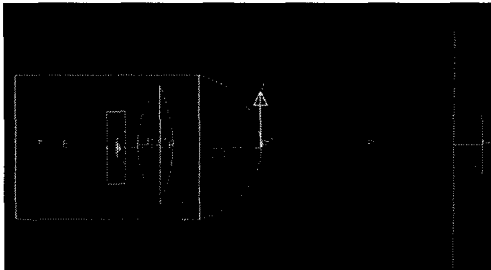
$$\rho_0^2(\phi) \left(\frac{\cos^2 \phi}{l_x^2} + \frac{\sin^2 \phi}{l_y^2} \right) = 1$$

의 관계식을 만족해야만 한다.

이 두 이론을 이용하여 epoxy lens에 볼록 렌즈를 삽입하여 하나의 LED를 만들어 그 LED에서 나오는 빛을 기존 LED와 비교 분석 할 것이다.

2.2 시뮬레이션 결과

LightTools를 이용하여 설계한 LED 램프를 그림으로 나타내었다.



〈그림 4〉 Ray를 발산하기 전과 후

여기에서 단위는 mm이며 렌즈의 두께는 1.25387 이고, curvature은 왼쪽 면이 3.03426 오른쪽 면은 4.89675로 주었다. curvature에 따라서 dummy surface의 ray들의 모이는 모양들이 틀러지며, 그 중에서 가장 최적 값을 시뮬레이션 한 결과이다.

2.2.1 기존 LED와 비교 분석

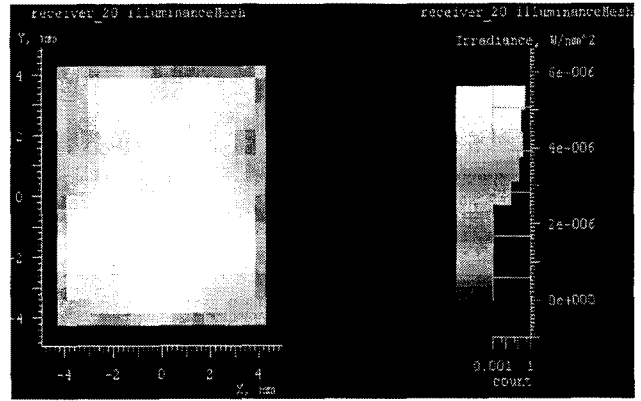
다음은 dummy surface의 ray의 모이는 현상 비교 그림이다. 그림에서 보이듯이 Ray들이 dummy surface로 모이는 결과가 나왔다.

그림 6의 상 그림은 Ray를 20개 발산하는 모양을 나타낸 것이고, 하 그림은 Ray를 1000개 발산해서 dummy surface로 모이는 결과 값을 나타낸 것이다.

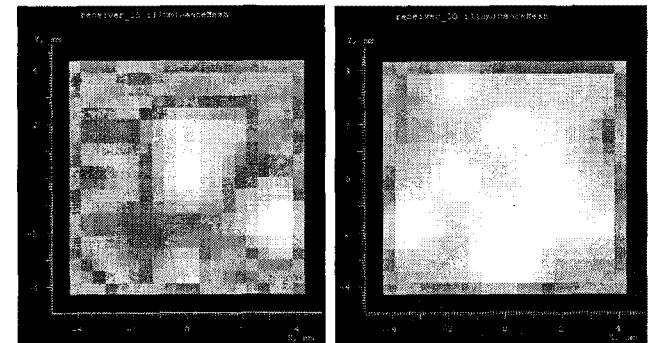
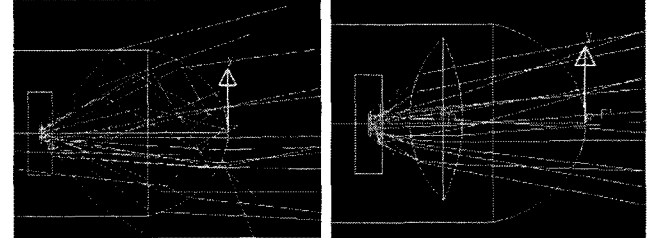
그림 6 왼쪽 하는 보이듯이 반사되어 뒤로 빠지는 ray들이 있어 효율이 떨어지는 반면 렌즈를 삽입한 LED는 한곳으로 모이는 현상을 볼 수 있다. 이렇게 한곳으로 모아 지향시키므로 뒤로 반사되어 나가는 빛까지 이용하여 효율을 높일 수 있다.

3. 결 론

기존에 제시된 LED 램프 기본 설계이론과 렌즈 설계이론을 바탕으로 하여 LED를 modeling하였다. 기존의 상반되어 손실되는 LED의 Ray들을 렌



〈그림 5〉 dummy surface의 ray의 모이는 현상



〈그림 6〉 일반 LED 램프(왼쪽 상·하) 렌즈를 삽입한 LED 램프(오른쪽 상·하)를 통하여 집광시킴으로서 보다 높은 효율을 낼 수 있었다.

시뮬레이션을 하면서 렌즈와 광원의 거리에 따라 그리고 렌즈의 두께와 curvature에 따라 결과 값이 다양하게 나타난다는 사실을 알게 되었다. 본 실험에서는 렌즈의 두께와 curvature의 값만을 최적화하였는데 앞으로는 거리와 curvature 값을 이용하여 가장 최적 값을 찾는 것에 대한 연구가 필요 하겠다.

4. 감사의 글

이 논문은 산업자원부에서 시행하는 대학전력연구센터 육성·지원사업(1-2004-0-074-0-00)에 의해 작성되었습니다.

〔참 고 문 헌〕

- [1] 김훈, "조명광원으로서의 LED", 한국조명·전기설비 학회, p3~p10, 2003.10
- [2] 신경호외 2명, "고출력 LED를 이용한 스포트라이트용 렌즈 설계", 한국 조명·전기설비 학회, p145~p150, 2004.11.03
- [3] 김선원, 송명기 외 1명, "LED램프의 설계이론", 한국광학회, 제 13권 제4호, p324~p331, 2002.8
- [4] Shigeki Wada : Application of White LEDs for Lighting, Extended Abstract of the International Symposium on the Light for the 21st Century, Tokyo, 7-8, 2002 March 2002, p. 62-63
- [5] 오오토 토미오 : LED조명의 현상과 과제, 헤세이 15년도 조명학회 제 36회 전국대회 예고집, p. 231 (2003)
- [6] 스기모토 마사루 : 어떻게 될까? 어떻게 해! LED 조명기구와 조명 시스템, 헤세이 16년도 조명학회 제 37회 전국대회 예고집, p.43 (2004)
- [7] 기무라 히데키치, 스기모토 마사루, 이시자키 마치, 시오하마 에 이니 : 고출력 LED 모듈, 헤세이 15년도 조명학회 제 36회 전국대회 예고집, p. 185 (2003)
- [8] H.Kimura, M. Sugimoto, S. Ishizaki and E. Shiohama : The high power LED unit for lighting, Proceeding of the 10th International Symposium on the Science and Technology of Light Sources, Toulouse, 18-22 July 2004, p.181-182 (2004)