휴대폰용 소형 Flash에 적합한 LED 램프 설계 연구

(A study on the small Flash Lamp Design using LED)

정학근* · 정봉만 · 한수빈 · 박석인 · 송유진, 이정훈

(Hak-Geun Jeong · Bong-Man Jung · Su-Bin Han · Sukin Park · Yu-Jin Song, Jeong-Hoon Lee)

Abstract

LED is expected as an environmentally friendly light source with its good reliability and long lifetime. A few ten mW white LED can substitute for the indicator light source, and it is required to study several watt multi-chip semiconductor light sources in order to replace the light sources for general illumination such as incandescent lights and fluorescent lamps. Since the optical technology used for several mW white LED light source uses only 30% to 50% of the light, it is required to develop the design technology of optical system and lens to improve the efficiency more than 80% for insuring the high power of white LED. In this paper, we designed and fabricated new structure reflector to increase the efficiency.

1. 서 론

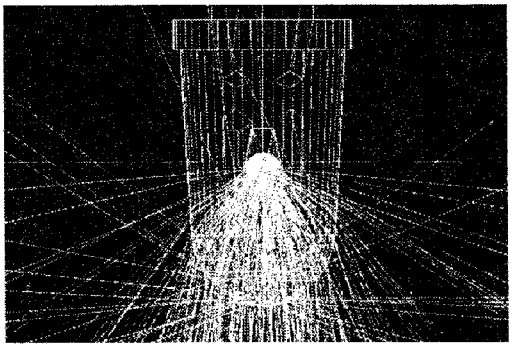
고출력, 고광속 LED를 구현하기 위해서는 기존 20mA LED 구동에서 탈피하여 수 백 mA 또는 1 A 이상의 높은 전류로 구동시켜는 고출력 LED 개발이 상당히 중요하다. 물론 방열을 위하여 기존의 패키지와는 달리 특수 구조의 패키징이 필요하다. 뿐만 아니라 고출력 칩을 구현하기 위해서는 결정 결합이 적은 기판, 빛의 내부흡수를 줄인 LED칩 구조 설계, 고효율의 형광물질 및 방열 패키징 구조 등의 여러 가지 측면에서 많은 개선이 이루어져야 할 것이다.

수 십 mW급의 백색 반도체 광원에서 사용되고 있는 광학 기술은 광 이용효율이 낮아, 고출력화를 위해서는 광 이용효율을 향상시킬 수 있는 광학계 및 반사경의 설계 기술이 필요하며, 특히 내부양자 효율을 증가시키는 방법에 대한 연구는 많이 수행되고 있지만, 광을 효율적으로 이용하기 위한 기구의 효율 향상 방법에 대해서는 연구가 미흡하였다. 본 연구에서는 현재 사용되고 있는 렌즈를 이용하는 굴절시스템과 새롭게 제안하고자 하는 반사경을 이용하는 반사시스템의 성능을 비교하고자 하였다.

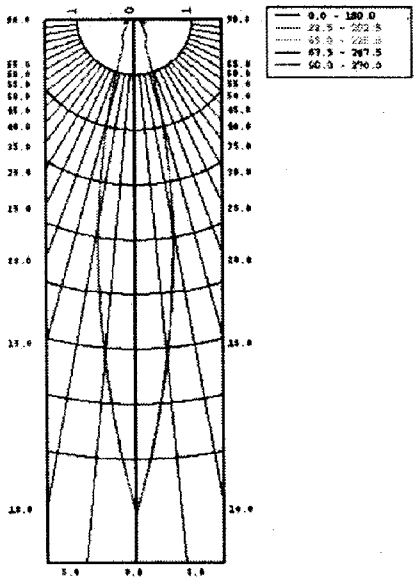
2. 본 론

2.1. 렌즈를 이용한 LED 램프

그림 1은 현재까지 가장 많이 사용되고 있는 에폭시 렌즈를 사용하는 LED 램프를 광해석 프로그램을 이용하여 효율을 분석한 것이다. 그림 1에서 보면 LED 칩에서 나온 광속이 내부의 반사경과 렌즈를 통하여 일정 각도의 빔으로 전달됨을 볼 수 있다. 이렇게 렌즈를 사용하는 굴절 시스템에서는 고효율을 달성하기가 힘들다. 그림 2에서 보는 것과 같이 원하는 방향의 광 이외에 옆으로 발산하는 광이 존재하기 때문이다.



(a) Ray Tracing



(b) 배광분포

그림 1. 렌즈를 사용하는 LED 램프의 효율 분석

Fig. 1. An Efficiency of the LED lamp with lens

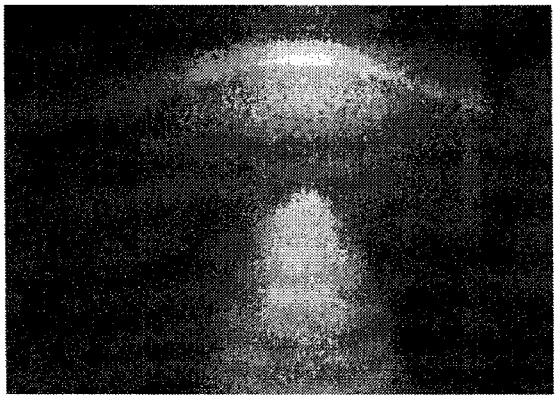
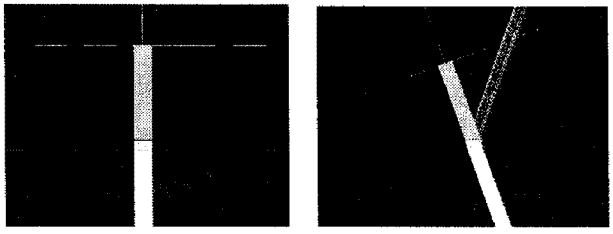
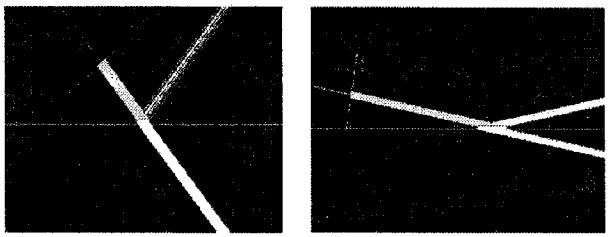


그림 2. 손실되는 빛의 모습
Fig. 2. Light extraction patten of LED

굴절시스템의 효율이 나빠지는 결과의 원인을 분석하기 위해 그림 3에서와 같이 빛의 입사각에 따른 각 매질을 통해서 전달되는 효율을 살펴보았다.



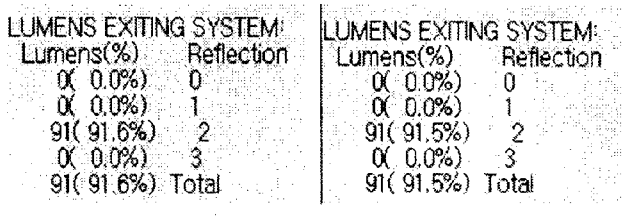
(a) 0도 (b) 20도



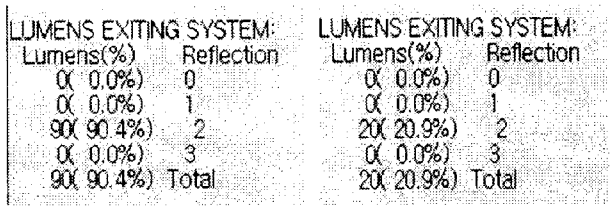
(c) 40도 (d) 80도

그림 3. 입사각에 따른 굴절량과 반사량
Fig. 3. Ray pattern according to input angle of ray

그림 3의 (a)는 빛이 렌즈로 입사되는 각도가 0도, (b)는 20도, (c)는 40도, (d)는 80도인 경우로, 대부분의 빛이 굴절을 통하여 투과되지만, 일부의 빛은 반사됨을 볼 수 있다. 굴절을 통하여 투과되는 빛의 양을 모의실험을 통하여 살펴보면 그림 5과 같이 입사각이 커질수록 반사되는 빛이 증가하여 효율이 낮아짐을 알 수 있었다.



(a) 0도 (b) 20도

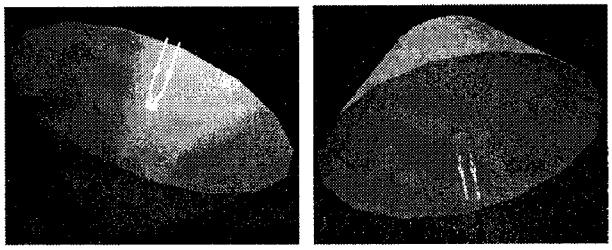


(c) 40도 (d) 80도

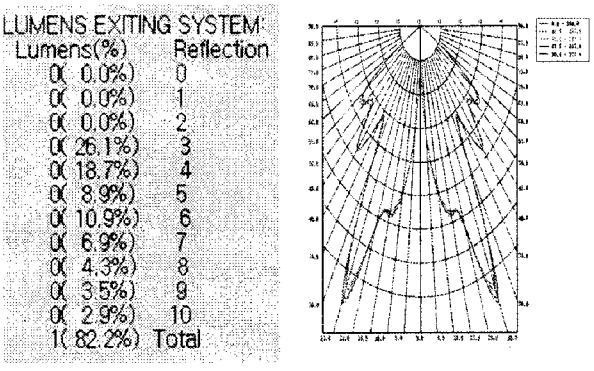
그림 4. 입사각에 따른 효율 비교
Fig. 4. Efficiency comparison according to ray angle

2.2. 반사형 구조의 LED 램프

빛의 굴절을 이용한 기구의 효율은 고효율화에 한계가 있으므로, 본 연구에서는 기존의 개념을 탈피하여 반사형 구조의 LED를 설계 및 제작하고자 한다. 이를 위하여 먼저 반사경을 채용했을 경우에 LED 램프의 효율을 분석하였다. 그림 5는 기존의 LED 구조에서 렌즈를 제거하고, 렌즈부를 대신하여 반사경을 이용하여 빛을 전달하는 구조에 대하여 모의실험을 수행한 결과이다. 렌즈를 이용할 때에는 64% 정도의 효율을 보였지만, 반사경을 채용한 경우는 82.2%의 효율을 나타내었다. 모의실험 결과 기존의 구조에 비해 효율이 약 40% 정도 개선됨을 알 수 있었다.



(a) 반사경의 형태 (b) Ray Tracing



(c) 기구효율 분석 (d) 배광분포

그림 5. 입사각에 따른 굴절량과 반사량
Fig. 5. Ray pattens according to input angle of ray

2.3. Flash 램프의 설계

그림 5에서 보는 것과 같이 반사경을 채용한 램프의 효율이 기존의 램프 구조에 비해 훨씬 우수함을 얻을 수 있었다. 그러나 그림 5와 같은 반사경의 구조는 굴절을 이용한 렌즈에 비해 상대적으로 부피가 증가하는 단점이 발생된다. 이러한 문제는 휴대폰과 같이 소형의 크기에 사용하기에는 문제점이

발생한다. 이러한 문제점은 평면 반사경의 개념을 도입하여서 시스템을 보다 콤팩트하게 설계하고자 하였다. 평면 반사경의 기본원리는 프레넬 렌즈의 쌍대 개념으로 이해하면 보다 쉽게 이해가 될 수 있는 것으로, 프레넬 렌즈는 부피가 큰 렌즈를 몇 개의 구분하여 소형화를 이루었듯이, 본 연구에서 제안하는 평면 반사경 또한 같은 원리로 부피가 큰 반사경을 몇 개의 부분으로 구분하여 평면에 그 기능을 구현시킨 것이다.

또 하나의 문제점은 그림 5와 같은 구조에서는 빛이 아래로 방출되게 되어 있어 LED 아래쪽에 방열기를 설치하기가 용이하지 않다. 방열기를 설치하게 되면, 아래로 나오는 빛의 경로를 대부분 가려서 빛을 효율적으로 사용하지 못하는 문제점이 있기 때문이다. 그러나 이러한 구조의 램프를 Flash 램프로 사용하게 되면 이러한 문제도 자연스럽게 해결할 수 있다. 오랜 시간 점등되어 있는 곳에 사용하는 것은 문제가 있지만, 휴대폰용 Flash 램프와 같이 순간 점등에 사용하는 것은 방열문제도 극복할 뿐만 아니라 반사형 구조의 램프가 그림 6과 그림 7에서 보는 것과 같이 집광하는 데 있어서도 훨씬 유리하기 때문이다.

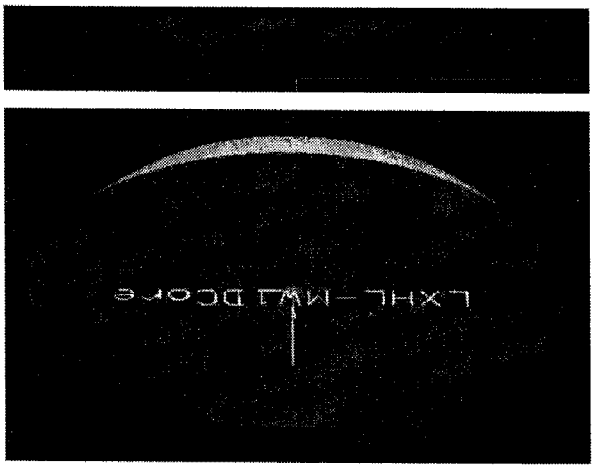
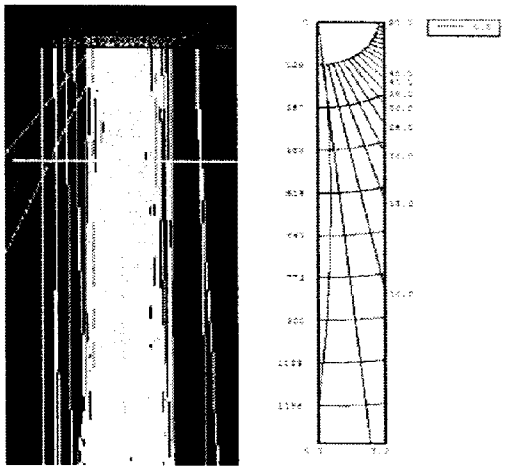
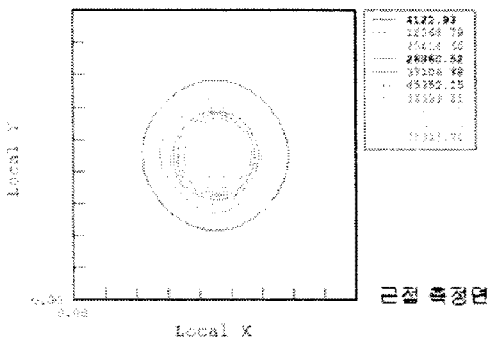


그림 6. 평면 구조의 반사경
Fig. 6. The planar structure reflector

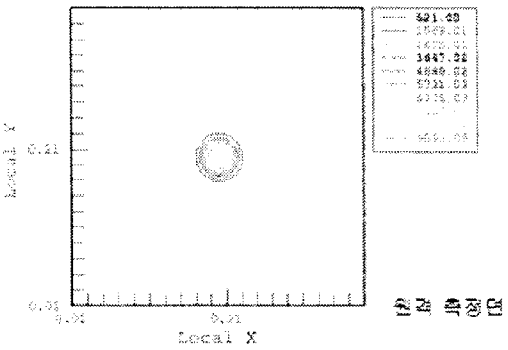


(a) Ray Tracing (b) 배광분포

그림 7. 반사형 구조의 LED 램프 모의실험
Fig. 7. The simulation of reflective type LED



(a) 근접 측정면(3cm)에서의 조도 분포



(b) 원격 측정면(20cm)에서의 조도 분포

그림 8. 반사형 LED 램프의 조도 분포
Fig. 8. The simulation of reflective type LED

4. 결 론

본 연구에서는 LED 램프의 고출력화를 위해서 광 이용효율을 향상시킬 수 있는 광학계 및 반사경의 설계 기술에 대하여 연구를 수행하였다. 특히 반사경을 채용한 구조의 LED 램프를 제안하고, 제안하는 반사형 구조의 LED 램프는 모의 실험을 통하여 높이 5mm 정도로 작게 제작할 수 있을 뿐만 아니라, 집광 효율 또한 지향각 5도 이내로 설계할 수 있음을 보였다. 모의실험 결과에서 알 수 있듯이 기존의 굴절형 LED 램프에 비하여 높이를 낮출 수 있는 구조적인 면에서 우수한 성능과 더불어 집광효율 측면의 광학적으로도 성능이 우수함을 보였다. 반사경을 채용한 LED 램프의 유일한 단점으로 판단되는 방열문제에 있어서도 사용 용도를 순간적인 점등을 하는 Flash 램프에 적용한다면 사용상에는 어려움이 없을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

[1] 정봉만, 정학근 "조명용 LED 광원기", 조명전기설비학회 2005 춘계학술대, vol.1, p.67, 2005.

[2] Kathryn M. Conway, " LEDs Focus Design interest at LightFair 2002," The advanced semiconductor magazine vol 15,NO 6, August 2002.