반사 광학계를 이용한 LED Simulation 분석

윤철용*, 노명재*, 김병만**, 정병조*** 노용기****
*한국산업기술대학교 나노-광 공학과,
**미래전기기술직원훈련원
***원광대학교 전기공학과
****전북인력개발원 전기시스템제어과
e-mail:noyin@hanmail.net

LED simulation analysis using optical system of reflex

Chul-Yong Yoon*, Myeong-Jae Noh*, Byoung-Man Kim**, Byoung-Jo Jeong*** Yong-Gi Roh****
*Dept. of Nano-Optic Engineering, Korea Polytechnic University
**MIREA Electric Technique Occupational Training Institute
***Dept. of Electical Engineering, Wonkwang University
****Dept. of Electical System Control, KCCI JBHRDI

요 약

There are some limitations to advance technology glaring and luminous Intensity uniformity known as the weak point of existing LED lamp. To improve the two weak points, there have been no special alternative methods so far. Instead, one method which is being used such as the twisting secondary lens or arbitrary structure to remove glaring and improve luminous Intensity uniformity. Based on this academic background, it is necessary to be examined on Technology of Optical System to solve the two weak points by using not complicated but simple methods. This paper will examine the angle of reflection in order to improve luminous intensity uniformity. Also, this research will present the method using lighting analysis program to verify a hypothesis. Through the analysis program, we could understand the simulation analysis method and got some problems about the analysis result. After analysis of causes through reinterpretation of problems, we have reached a conclusion that was changed according to reflectivity and the shape of aspherics by main cause which effected luminous Intensity uniformity and glaring.

1. 서론

인류 문명의 시작과 함께 조명기술은 태양빛을 근간으로 횃불에서부터 형광등을 대표되는 방전등까지 발전되어 왔다. 최근 조명용으로 사용하기에 충분히 밝은 반도체 발광다이오드(LED)가 개발되면서 이를 응용한 새로운 조명기술(SSL: Solid State Lighting)이 등장하여 미래 조명기술로 부상하고 있다.[1] LED 일반조명은 실내조명, 도로조명, 특수조명, 연출조명, 경관조명 등으로 세분화할 수 있다. 일반조명은 크게 주조명과 보조조명으로 구분하는데 국가별 특성에 따라 보조조명이 주조명 역할을 하는 곳도 있다.[2]

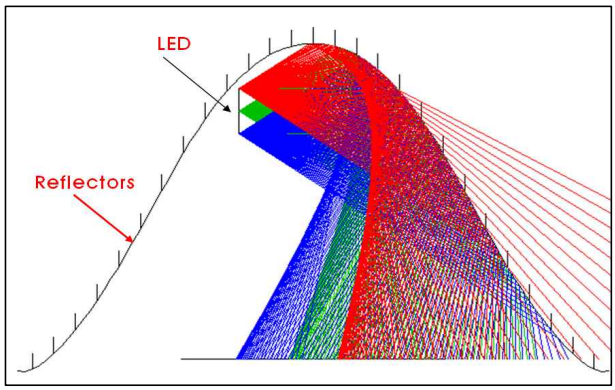
국내에서는 주조명이 형광등, 할로겐인데 비해 일본에서는 주조명이 백열전구와 할로겐이다.[3] 기존 일반조명등은 응답속도가 빠르고 고주파에 의한 변조가 가능하며, 직·교류 어떤 것으로도 동작이 가능하다. 또 조명램프로서는 LED 소자를 이용하는 경우, 1개당 광속이 약하기 때문에 하나의 패키지 내에 다수의 LED 소자를 탑재하여 큰 광량을 확보하고 있다. 그러나 이러한 LED 조명장치는 직진성이 강해 눈부심 현상이 강하여 중심부의 광량이 크고, 주변부가 낮은 이러한 광 특성을 어떻게 광학적으로 제어하느냐가 전 세계적으로 광학기술 개발자의 과제이다.[4]

2. LED 반사갓 설계

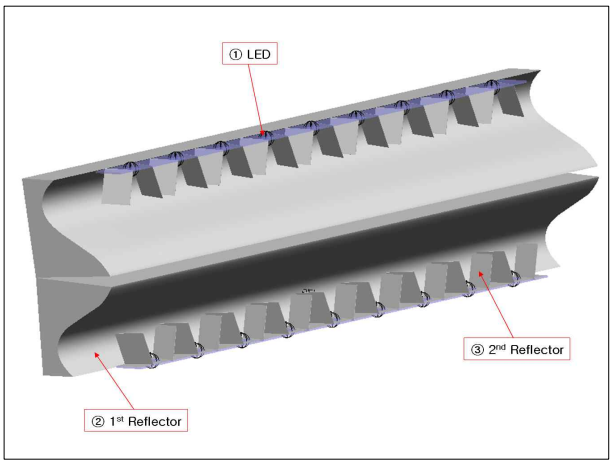
본 연구에서는 반사 광학계 특성인 비구면을 적용하여 LED 반사갓 설계를 OSLO 광학 프로그램을 이용하였다. 기존의 광 균일도를 향상시키기 위해 구조적으로 각 LED 기판을 어느 특정한 각도로 기울여 광 균일화에 향상시키는데 인한 곳곳에 밝은 부분과 덜 밝은 부분과의 조도차이가 커 ring 현상

이 일어나는 역효과가 발생하여 이를 방지하기 위해서 [그림 1]에서 보는 바와 같이 반사갓을 단순한 실린더 형태의 구조로 링 현상을 방지하고, 어느 분야에 맞도록 광 균일도를 조절하기 위해 반사 형태를 비구면으로 채택하였다. 자유곡면 즉, 비구면이라는 광학계 기술을 접목함으로써 어느 특정 분야에 맞게 맞춤형으로 조절이 가능하도록 광학설계를 하였다.

[그림 2]는 반사광학계 LED 보안등을 분석할 구조로 광학계에 의한 갈매기 형태를 갖추고 있다. 시뮬레이션 분석에 사용될 LED로는 High Power이면서 광효율이 높고, 면광원에 가까운 BXRA-C0800 모델을 선택하였다. 광 균일도 및 효율을 향상시키기 위해서 새는 광들을 줄이기 위해 각 8°, 15°의 각도를 갖는 반사갓을 추가로 설정하였다. [표 1]은 선정된 LED의 사양이다.



[그림 1] 광학설계



[그림 2] 반사갓 형태

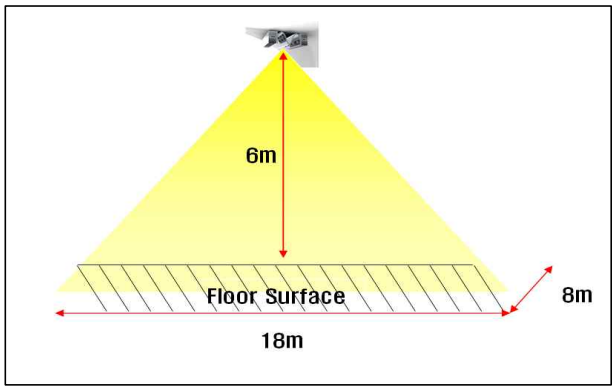
[표 1] LED 사양에 따른 Flux 특성

Color	Base Part Number	Typical Luminous Flux	Minimum Luminous Flux	Typical Luminous Flux
Cool White	BXRA -C0400	400(lm)	400(lm)	440(lm)
	BXRA -C0800	800(lm)	800(lm)	880(lm)
	BXRA -C1200	1200(lm)	1200(lm)	1320(lm)
	BXRA -C2000	2000(lm)	2000(lm)	2200(lm)

3. LED Simulation 분석 및 고찰

3.1 분석 방법

시뮬레이션 분석하기 위해서 조명 분석 소프트웨어 프로그램인 LightTools v7.0을 이용하였다. 분석방법은 열 문제를 해결한 외측형 구조로 분석을 하도록 하였으며, KS기준에 맞는 유효한 면적에 대한 분석을 하도록 하였다. [그림 3]은 분석방법과 유효한 면적을 제시하고 조도가 고르게 분포되는지 시뮬레이션을 통해 광학설계 데이터와의 비교를 해보는 방법을 이용하였다.

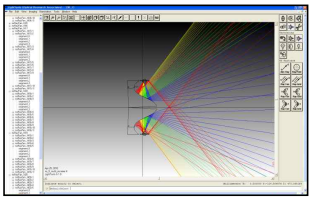


[그림 3] 시뮬레이션 분석 방법

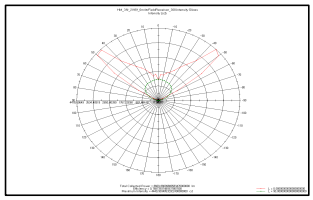
3.2 Simulation 분석 및 고찰

[그림 4]에서 (a)는 각 비구면 부분별 광선들의 방향성을 보기위해 시뮬레이션하기 전의 경로를 확인하였다. (b) 그래프는 비구면에 의해서 나가는 광선들의 발광 각도를 알아보기 위한 그래프이다. 발광되는 각도의 범위가 100 ~ 120°의 각도 범위에서 동일하게 광이 분포가 됨을 볼 수가 있다. (c)그래프는 KS기준에 맞는 면적범위 내에 조도 분포 성향을 볼 수 있으며, 고르게 광이 분포하여 광 균일도가 매우 좋은 형태를 띠고 있다. (d)그래프는 광을 사람이 볼

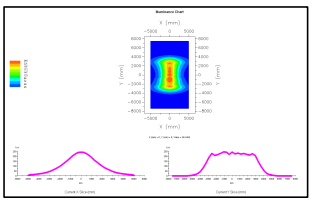
수 있도록 RGB형태로 표현한 그래프로 실제 밝기를 예측할 수 있다.



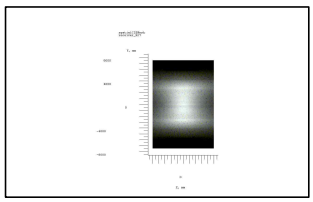
(a) Light route



(b) Line Chart



(c) Illumination chart



(d) RGB chart

[그림 4] Ray 시뮬레이션(반사갓 형태)

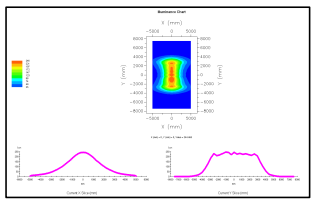
이러한 광학계를 이용하여 광 균일도 향상뿐만 아니라 눈부심 현상을 개선되었음을 이번 연구를 통해 알 수 가 있었다.

4. 결 론

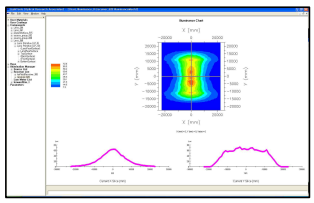
본 연구에서는 새로운 기술을 접목함으로써 기존의 LED의 눈부심 현상 및 광 균일도 향상의 단점들을 개선할 수 있는 방법을 얻을 수 있었고, 시뮬레이션 분석을 통해 광 균일도 향상시키기 위해서 2가지의 조건을 만족해야하는 분석 결과를 얻을 수 있었다. 2가지의 조건은 다음과 같은 결론을 시뮬레이션 분석에 의해 얻을 수 있었다.

4.1 비구면 형상

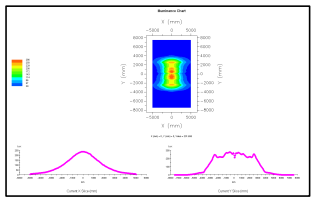
[그림 5]는 광학 설계가 된 반사갓 비구면 데이터의 구현성에 따라 변화되는 과정을 보여주고 있다. 10%당 ±10㎛의 오차율로 비구면을 흐트러짐에 따른 변화를 볼 수가 있다. (a)그래프는 비구면 데이터가 100%의 구현이 되었을 때 시뮬레이션 분석 결과로 완벽한 광이 전반적으로 균일도가 나온다. (b)그래프에서는 비구면 데이터가 80% 구현이 되었을 때 강한 부분과 약한 부분의 조도 차이가 점점 차이가 나는 것을 그래프를 통해 알 수 있고, (c)그래프에서는 50%의 구현 정도로 시뮬레이션 결과로 각 부분의 조도 차이가 뚜렷이 커져감을 알 수가 있었다. (d)그래프에서 보는 바와 같이 30%의 구현 정도로 중심부에서 조도가 약하게 존재하며, 광 균일 패턴이 무너짐을 알 수가 있었다. 이러한 시뮬레이션 분석을 통하여 제작할 시에는 절곡하는 방식이 아닌 더 정밀하게 하기 위한 사출방식으로 비구면 형상을 구현하는 것이 적합하다.



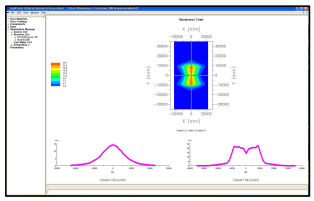
(a) 100% of the aspheric surface



(b) 80% of the aspheric surface



(c) 50% of the aspheric surface



(d) 30% of the aspheric surface

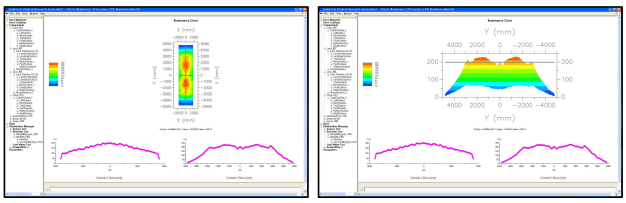
[그림 5] 비구면 형상에 따른 영향

4.2 반사율

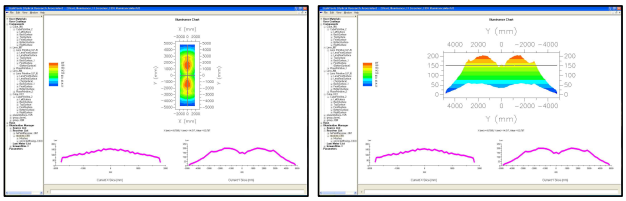
광 균일도의 영향을 미치는 문제점으로 2가지 중에 하나로 시뮬레이션 분석 프로그램에서 설정한 84%의 반사율을 적용하여 분석한 데이터가 실제 시제품화하고 측정 후 분석된 데이터와 동일하게 분포를 하느냐에 의문점을 고안하였다.

반사율에 따라 광 균일도가 어떠한 형태로 변화가 있는지 이론치에서 설정한 84%의 반사율을 낮추어 시뮬레이션 결과를 분석하고 문제점을 사전에 보완하는 방법으로 진행하였다. 시뮬레이션 상에서 84%로로 된 반사율을 50%, 40%, 30%를 면 속성에 설정하고 분석을 하였다.

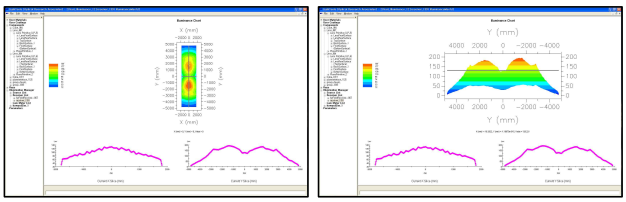
분석한 결과는 [그림 6]에서 볼 수 있으며, 결과적으로 84%의 반사율을 설정한 데이터와 50%, 40%, 30%의 반사율을 비교해 보았을 때, 반사율이 저하될수록 광선이 전혀 다른 방향으로 누적이 되어 중앙부가 현저히 효율이 떨어지고 광 균일도 분포가 흐트러지는 것을 결과 값을 통해 알 수가 있었다. 결과 분석을 통하여 반사율이 80%이상으로 나오는 것이 광 균일도를 향상시키고 효율도 높여주는 중요한 문제점을 가지고 있다.



(a) Reflectivity 50%



(b) Reflectivity 40%



(c) Reflectivity 30%

[그림 6] 반사율에 대한 분석 데이터

참 고 문 헌

[1] Choi, J. H., December 2008, "LED Lighting Industry Trends and Implications", KDB Research Institute, KDB Monthly Bulletin Vol. 637, pp. 72~89

[2] Security company report, March 2008, "LED Lighting", Shinhan Investment Corp

[3] Jeon, H. S., November 2009, "Present state of application of LED lighting", ELECTRONICS INFORMATION CENTER

[4] Choi, S. Y., Lim, S. M., Yeo, I. S., July 2007, "LED Lens Design for the Improvement of Illuminance Uniformity", The Korean Institute of Electronic Engineers, The Transactions of KIEE, pp.14~17