

Simulation을 이용한 가로등용 LED 조명 모듈의 광학적 특성 연구

신익태, 아웅, 이승민, 조주웅, 양종경, 박대희
원광대학교

A Study On characteristics of Optical Property in LED Module of Street Light Using by Simulation

Ik-Tae Shin, Thida Aung, Sung-Min Lee, Joo-woong Cho, Jong-Kyung Yang, Dae-Hee Park
Wonkwang UniVersity

Abstract - 본 논문은 가로등 LED조명 설계를 위해 LED(Light Emitting Diode)소자 특성 분석 및 시뮬레이션을 통해 광특성을 개선하고자 하였다. 30°~50° 사이의 2차 렌즈 설계를 통해 조도 분포 특성 및 광분포 특성을 확인하였으며 LED 모듈의 간격 배열을 통해 램프를 설계 하고자 하였다. 그 결과 2차렌즈 35도 각도와 LED 소자간의 간격을 3cm로 설정할 경우 최적의 광 특성을 확인할 수 있었다.

1. 서 론

가로등용 조명에 사용되는 HID 광원으로는 종래 수은등이 주류였으나, 지금은 세라믹메탈-할로겐램프(ceramic-metal halide lamp)가 주류가 되고 있다. 그러나, LED 조명은 기존의 형광등, 방전등에 비하여 높은 효율을 확보할 수 있을 뿐만 아니라, 장수명이라는 장점을 가지고 있다.[1-2]

본 논문은 가로등 LED조명 설계를 위해 LED(Light Emitting Diode)소자 특성 분석 및 시뮬레이션을 통해 광 특성을 개선하고자 하였다. 시뮬레이션은 Geometry / Optic 특성을 고려하여 drawing 하였으며, 광속, 스펙트럼, 지향각, 조도값 분석을 통해 제품과 시뮬레이션 특성을 비교하였다. 광특성 개선 설계변수로는 30°~50° 사이의 2차 렌즈를 각도별로 설계 하여 조도 분포 및 intensity 특성을 확인하였으며, LED 모듈간 간격 배치는 1cm씩 배열 해본 후, 15차례 실험변수를 통하여 렌즈 각도 및 거리 분포에 따른 최적의 광학적 특성을 확인 하고자 한다.

2. 본 론

2.1 2차 Lens의 설계

고출력 LED를 기존 광원으로 하여 2차 렌즈를 설계하기 위해 Ray의 진행 방향을 알아보기 위해 Ray Tracing 방법을 사용한다.[3] 그림 1에서 알 수 있듯이 2차 렌즈를 설계함에 있어서 옆면의 경사도, I, II, III영역을 지나 는 Ray를 집광할 수 있는 설계등 크게 4가지를 고려하여야 한다. 측면 경사도는 약 30°에서 80°사이의 Ray를 전반사 이해 상부로 보내주는 역할을 한다. 영역 I, II를 지나는 렌즈의 형태의 변화를 주어 평행광이 되도록 해야하며, 영역 III을 지나는 Rays는 볼록렌즈를 이용하여 집광을 해야 한다.

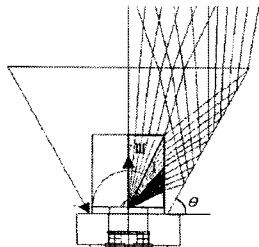


그림 1. 렌즈 설계시 고려사항

2.2 LED 소자 및 렌즈 모델링

고출력 LED를 통한 광원설계를 위해 삼성전기의 SUNNIX_SLHNNW H531T0 2W LED를 사용하였으며 지향각 측정 및 조도 분포 특성 분석을 통해 소자 특성을 확인하였다.

그림 2에서 보는바와 같이 LED 소자에 대한 Decapsulation을 통해 내부 구성을 확인하였으며, 소자에 대한 Modeling의 경우 지향각 특성과 광속 및 스펙트럼 특성을 통해 LED 모듈 설계 자료로 사용하였다.

따라서 LED 소자에 대한 제질은 LED소자에 대한 광학적 평가를 바탕으로 하였기에 공기로 설정하여 그에 따른 영향을 제거하였다.

2차 렌즈는 C-001을 사용하였으며 렌즈 특성에 있어 표면 강도가 우수하고, 광선투과도(93%)가 가장 뛰어난 PMMA(Poly Methyl Meth Meth Acrylate)수지의 특성을 인가하였다.

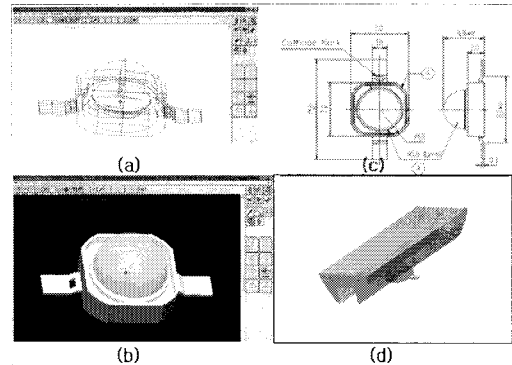


그림 2. LED 설계 도면 : (a) Wireframe (c) 설계도면
(b) LED modeling (d) Lens modeling

2.3 실험장치 구성 및 시뮬레이션

LED 소자에 대한 시뮬레이션을 위해 지향각 특성과 스펙트럼 특성을 분석하였다. Power LED의 경우 삼성전기의 SUNNIX_SLHNNW H531T0 2W LED로서 전원공급기 Keithly 2602와 DMM 2000을 사용하여 3.2~4.5V의 인가전압과 정전류 700mA가 아닌 350 mA범위의 전류를 인가하여 그에 따른 광학적 특성을 확인하였다. Power LED의 경우 온도 증가에 따라 접합 온도의 상승으로 인해 LED 효율 특성이 감소되는 경향을 보인다. 따라서 이에 대한 열 특성을 줄이기 위해 350mA를 인가하였다.

스펙트럼은 Konica minolta社의 CS-1000장비를 이용하였으며 Everfine社의 0.3m LED 적분구를 이용하여 소자에 대한 특성을 평가하였다.

또한 Goniometer 장비를 사용하여 sample LED 자체의 발광 패턴을 확인할 수 있었다. 이에 대한 광학적 특성을 통해 LED 모듈 구성 및 2차 렌즈를 설계하였으며 Yokogawa instrument社의 3281A제품을 사용하여 1m 거리에서 조도값 분석을 통해 시뮬레이션 특성을 비교하였다.

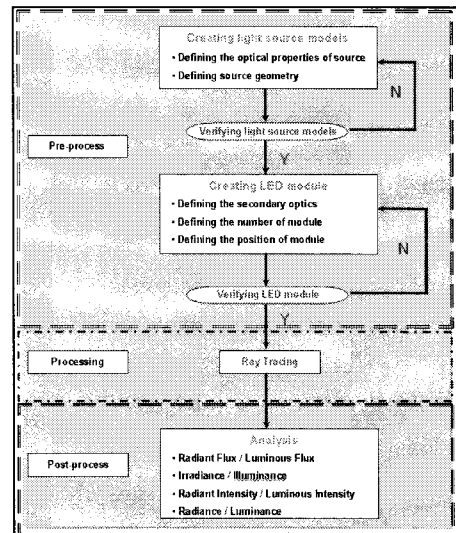


그림 3. 측정 및 시뮬레이션 순차도

2.4 결과 및 고찰

2.4.1 Pre-Measurement

그림 4에서 보는 바와 같이 배광 특성과 스펙트럼 데이터에 대한 평가를 시행하였다. 이 소자에 대한 특성 평가를 통해 Simulation을 위한 기초 Data로 적용이 되며 또한 Module 설계에 있어 소자에 대한 특성을 바탕으로 이루어진다. 그림 4에서 보는 바와 같이 White LED는 55°의 지향각 특성을 보이며 blue LED에 YAG phosphor 사용하여 두 개의 Dominant Peak 특성을 보였다.

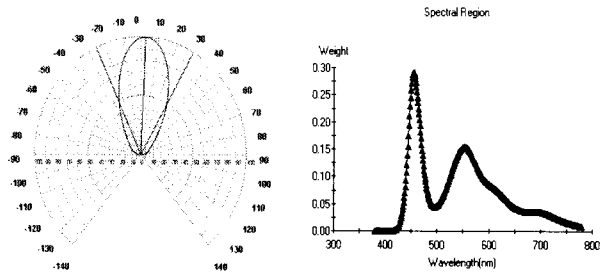


그림 4. LED 소자의 배광 및 스펙트럼 특성

LED소자의 배광 및 스펙트럼 특성을 통해 LED 소자에 대한 Simulation을 한 결과 1m 거리에서 약 79 Lux의 조도 특성을 보였으며 실제 약 80Lux로 약 1 Lux의 오차 특성을 보였다.

2.4.2 2차 렌즈 설계에 따른 조도 분포

LED 소자에 대한 조도 특성 개선을 위해 Diffuser 형태의 C-001 2차 렌즈를 사용하였으며 2차 렌즈의 각에 따른 조도 특성을 확인하였다. 2차 렌즈의 조도면적은 5cm × 5cm로 설정하였으며 1m거리에서 Reciever를 설정하여 표 1에서 보는 바와 같이 조도 및 분포 특성을 확인하였다. 35°의 렌즈 각도에서 1m 거리 208 [Lux]의 최대 조도 특성을 보였다.

표 1. 2차렌즈 단일 모듈의 조도특성

2차렌즈 각	LED Illuminance (Lux)(1M)
30 °	201 Lux
35 °	208 Lux
40 °	188 Lux
45 °	156 Lux
50 °	136 Lux

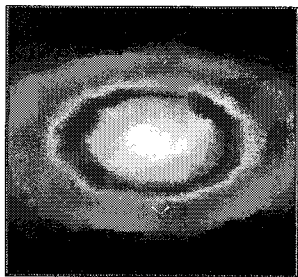


그림 5. 설계된 2차렌즈 조도분포도

2.4.3 LED 단일 모듈 간격에 따른 조도 특성

LED Array의 지향특성은 조도특성 향상을 고려해 설계 하였다. Reciver 5cm × 5cm의 지점을 바탕으로 1m 거리에서 LED 간격은 2cm~4cm씩 거리를 두고 1cm씩 변화시킴에 따라 표2에서 보는바와 같이 3cm의 거리에서 684 Lux의 가장 높은 조도 특성을 나타내었다.

표 2. 모듈 간격에 따른 LED 램프 조도특성 (6EA)

LED 모듈간격	Module Illuminance(Lux)
2cm	615 Lux
3cm	684 Lux
4cm	653 Lux

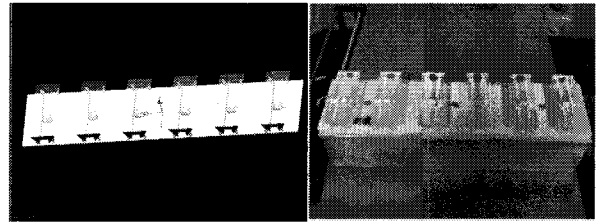


그림 6. 설계된 2차렌즈 와 제작된 LED 모듈사진

3. 결 론

본 논문에서는 소자에 대한 광 분포 특성 분석을 통해 2차렌즈를 설계하였으며 렌즈 각도 및 거리 분포에 따른 최적의 광학적 특성을 확인하고자 하였다.

- 1) LED 소자의 경우 White LED는 55°의 지향각 특성을 보이며 blue LED에 YAG phosphor 사용하여 두 개의 Dominant Peak 특성을 보였다.
- 2) 2차 렌즈의 각을 변화시킴에 따라 35°의 렌즈 각도에서 1m 거리 208 [Lux]의 최대 조도 특성을 보였다.
- 3) 또한 모듈 간의 간격조절에 따라 3cm의 거리에서 684 Lux의 가장 높은 조도 특성을 나타내었다.

따라서 LED 조명연구는 LED 효율이 증가함에 따라, 기존 조명보다 energy saving 효과가 큰 LED 조명제품 개발이 활발히 이루어지고 있다. 기존 광원에 대한 LED 대체를 위해 광학적 특성 개선에 대한 연구가 더 필요하다.

감사의 글

본 연구는 중소기업청 중소기업기술혁신개발 사업과 에너지 관리공단 에너지·자원기술개발 사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 이현재, “고휘도 RGB LED Chip을 이용한 일반조명용 고효율 조명제품 개발”, 고휘도 LED를 이용한 조명제품 개발 워크샵, 2002.
- [2] 장우진의, “국내외 광원분야의 신기술 동향”, 한국 조명전기설비학회 2004춘계학술대회 조명분야 전문 워크샵, pp.6-7, 2004.
- [3] 정승균외, “LED 2차 광학 시스템의 설계법 개발”, 한국 조명전기설비학회 Vol. 21, No6, pp.26~32 July 2007.