# LED를 적용한 MR, PAR 램프의 광학 설계

(Optical Design of MR type lamp and PAR type lamp applying LED)

석대일* · 이상진 · 김 훈
(Dae-Il Seok* · Sang-Jin Lee · Hoon Kim)
강원대학교 IT특성화학부대학 전기전자 전공

요 약

본 논문에서는 LED의 고출력화가 이루어지면서 많이 사용되고 있는 LED MR 타입과 PAR 타입의 램프 배광을 설계하였다. 1W와 5W급의 High power LED를 적용하였고, 1개의 LED가 사용된 빔각 30도의 MR16 램프부터 9개의 LED가 사용된 빔각 60도의 PAR30 램프까지 총 6가지 배광을 구현하고 최대광도로 각각의 성능을 평가하였다. 빔 각을 구현하고 집광시키기 위해서 LED dome 측면부에 소형의 반사판을 설계하였다.

## 1. 서 론

최근 각광받고 있는 LED 분야는 기술적 진보가 급속히 이루어지면서 소자의 발광효율이 나날이 향상되고 있으며, 고출력의 Power LED가 개발, 시판되고 있다.

더불어 조명용 LED 램프 개발이 활발히 진행되고 있으며, 기존의 백열전구나 콤팩트 형광램프를 대체할 만한 수준의 성능까지 도달함으로써 실내조명에 LED를 적용하는 사례가 증가하고 있다.

현재 조명용으로 많이 상용화되고 있는 것이 LED를 이용한 MR과 PAR 타입의 램프이다. 기존의 할로겐램프와 비교하여 LED의 경우 적은 소비전력으로 동일한 밝기를 구현할 수 있으며, 다양한 색상 구현이 가능하다는 점과 높은 연색성으로 인해 많은 램프들이 LED로 대체되고 있다.

조명용 LED의 배광은 보통 광범위한 램버시안 형태를 지니고 있기 때문에 LED MR, PAR 타입의 램프들은 렌즈나 반사판을 이용하거나 또는 소자 배열만으로 빔 각을 구현하고 집광을 시켜주기도 한다.

본 논문에서는 1W와 5W급의 High Power LED를 사용하는 빔 각 30도, 빔 각 60도의 MR16 램프, PAR30 램프를 설계하였으며, LED 소자 개수를 달리하여 총 6가지 램프를 설계하고 최대광도로 그 성능을 평가하였다. 램프 사이즈를 최소화하고 제작 시 비용 절감을 감안하여 렌즈를 사용하지 않고, 소형 반사판으로 빔 각을 구현할 수 있는 최적의 반사판 기울기를 결정해주었다.

## 2. 본 론

### 2.1. 사용된 LED의 특성

최종 설계된 램프의 소비전력은 5W, 9W, 15W이다. LED의 개수를 달리하여 램프의 소비전력을 충족시켜주기 위해서 LED는 1W Citizen CL-652, 5W Citizen CL-L190을 사용하였다. 표 1은 정격전류 350mA, 480mA에서 LED의 특성을 보여주는 것이다.

표 1. 사용된 1W와 5W LED의 특성[1]

| Power [W] | 광색 | 동작전압 [V] | 광속 [lm] | 발광 효율 [lm/W] |
|---|---|---|---|---|
| 1 | white | 3.55 | 85 | 85 |
| 5 | white | 11.8 | 340 | 68 |

### 2.2. 시뮬레이션용 LED 라이브러리 생성

설계된 램프의 성능을 확인하기 위해서 배광예측 프로그램인 Photopia v.2.0을 사용하였다. 1W LED에 대한 Library는 제공되고 있지만 5W LED의 Library는 없기 때문에 형상을 모델링하고, LED의 특성 파일을 구성하여 LED Library를 생성하였다.[2]

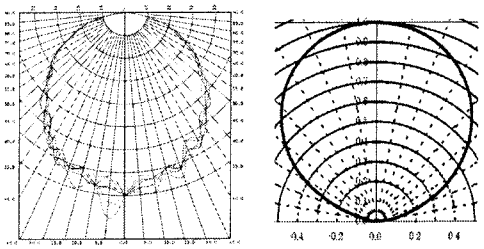

그림 1. Library LED 배광과 실제 LED 배광 비교

### 2.3. 반사판의 설계

MR이나 PAR 램프는 특정 사물이나 지점을 조명하기 위한 스포트라이트 용도로 사용되고 있다. 따라서 중앙 부근에서 최대광도가 높게 나타난다.

LED의 배광은 확산하는 램버시안 형태이기 때문에 중앙으로 집중시키면서 최대광도의 1/2 광도 값을 지니는 빔 각을 구현해야 한다. 본 설계에서는 램프 사이즈를 최소화하기 위해서 낮은 높이를 갖는 반사판으로 빔 각을 구현할 수 있는 반사판의 기울기를 결정해주었다.

표 2. LED의 광속 분배

| 수직각 | LED 광도 | LED 광속 | 목표 광도 | 광속비 | 목표 광속 | 소요 반사 광속 | 누적 광속 | 누적 광속 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 0.2 | 1 | 0.01 | 2.21 | 2 | 2 | |
| 5 | 0.993 | 1.3 | 0.83 | 0.04 | 14.67 | 13 | 15 | |
| 10 | 0.972 | 2.9 | 0.66 | 0.06 | 23.24 | 20 | 35 | |
| 15(빔각) | 0.939 | 4.2 | 0.5 | 0.07 | 26.24 | 22 | 57 | |
| 20 | 0.894 | 5.2 | 0.47 | | | | | 58 |
| 25 | 0.837 | 6.2 | 0.44 | | | | | 54 |
| 30 | 0.771 | 6.7 | 0.41 | | | | | 49 |
| 35 | 0.698 | 7.7 | 0.38 | | | | | 44 |
| 40 | 0.619 | 7.5 | 0.34 | | | | | 38 |
| 45 | 0.535 | 7.7 | 0.31 | | | | | 32 |
| 50 | 0.451 | 7.3 | 0.28 | | | | | 27 |
| 55 | 0.367 | 6.9 | 0.25 | | | | | 21 |
| 60 | 0.287 | 6.2 | 0.22 | | | | | 16 |
| 65 | 0.212 | 5.1 | 0.19 | | | | | 11 |
| 70 | 0.145 | 4.0 | 0.16 | | | | | 7 |
| 75 | 0.087 | 2.9 | 0.13 | | | | | 4 |
| 80 | 0.042 | 1.9 | 0.09 | | | | | 2 |
| 85 | 0.012 | 0.7 | 0.06 | | | | | 1 |
| 90 | 0 | 0 | 0 | | | | | 0 |
| | | 85 | 7 | 0.18 | 66.36 | 57.00 | | |

표 2는 빔 각 30도의 MR 램프에 적용되는 반사판을 설계하기 위해 LED의 광속을 분배한 결과이다.[3] 30도 빔 각을 갖는다면 수직각 15°의 광도가 0° 광도의 절반이 되어야 한다.

LED의 칩 중앙에서 방사가 된다고 가정하였다. 누적 광속의 절반이 되는 지점이 대략 51° 부근이고, 반사판의 끝단에서 반사된 빛이 0°로 향하는 지점과의 교점까지를 반사판의 높이로 결정하였다.

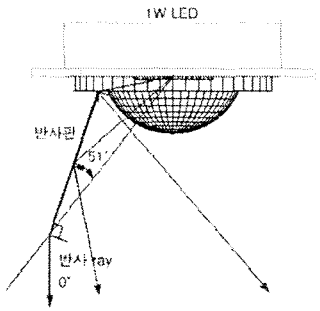


그림 2. 반사판의 높이와 기울기 결정

반사판의 기울기는 segment로 분할하여 각각의 기울기를 구해주면 정밀한 결과를 얻을 수 있지만, 최소한의 사이즈로 구현하고 제작이 용이하도록 하나의 기울기를 갖도록 설계하였다.

## 2.3. 반사판의 설계 결과

원하는 빔 각을 갖도록 반사판의 기울기를 결정해주고, W급이 높은 램프의 경우에는 LED를 3개, 9개를 사용하였다.

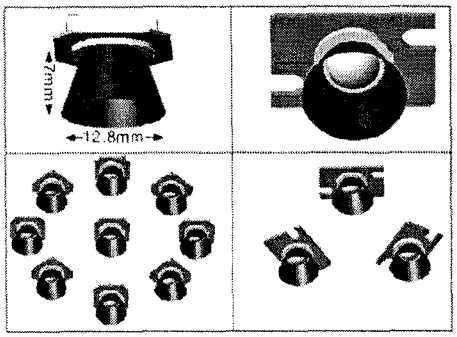


그림 3. 설계된 반사판의 형상

설계된 램프는 배광예측 시뮬레이션 프로그램인 Photopia ver.2.0을 이용하여 배광과 빔 각을 확인하고 최고 광도 값으로 성능을 평가하였다. 반사판의 반사율은 85% 경면으로 설정하였다.

① MR16 30° [5W]

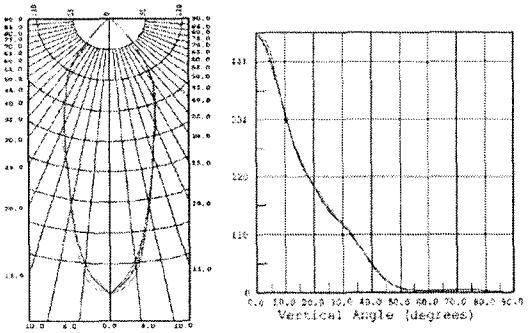


그림 4. MR16 빔 각 30°

② MR16 60° [5W]

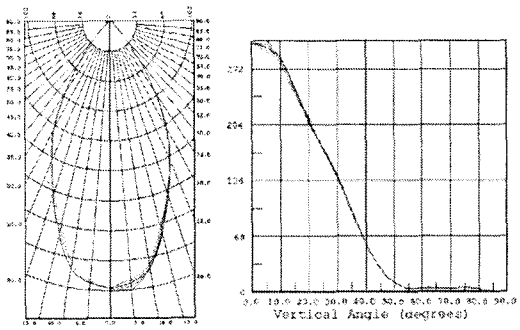


그림 5. MR16 빔 각 60°

③ PAR30 30° [9W]

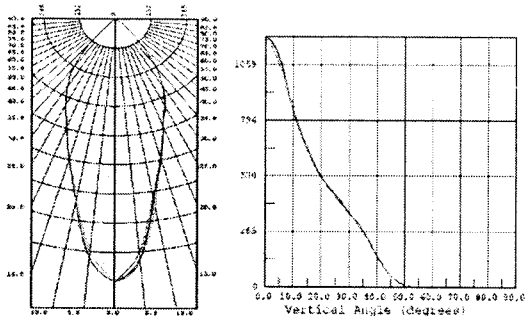

그림 6. PAR30 빔 각 30°

④ PAR30 30° [15W]

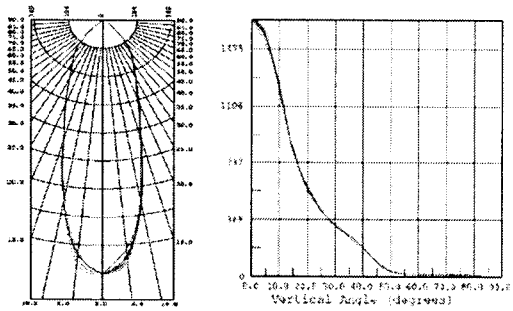

그림 7. PAR30 빔 각 30°

⑤ PAR30 60° [9W]

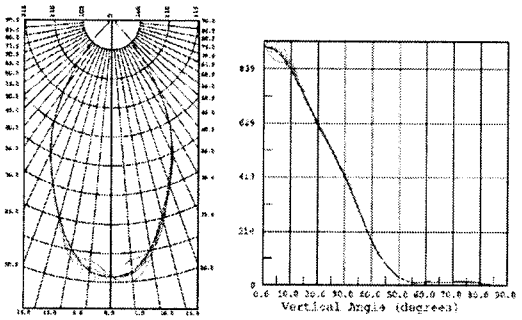

그림 8. PAR30 빔 각 60°

⑥ PAR30 60° [15W]

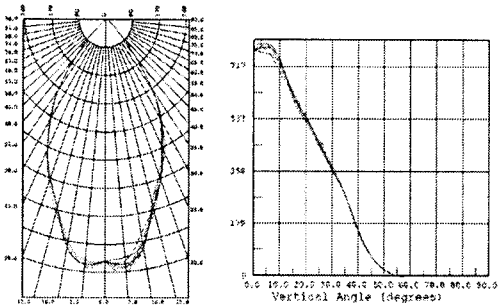

그림 9. PAR30 빔 각 60°

## 2.4. 최대광도의 평가

설계된 램프들의 성능을 비교해 보기 위해 시뮬레이션 결과를 토대로 최대광도와 1/2 광도 값을 비교해 보았다.

표 4. MR 및 PAR type 램프의 최대광도

| | 램프 | 소비 전력 [W] | LED 개수 | 목표 빔 각 [°] | 달성 빔 각 [°] | 효율 [%] | 최대광도 [cd] | 1/2 광도 [cd] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | MR16 | 5 | 1 | 30 | 30 | 91.8 | 495.87 | 252.06 |
| 2 | MR16 | 5 | 1 | 60 | 58 | 90.9 | 303.53 | 172.8 |
| 3 | PAR30 | 9 | 9 | 30 | 30 | 90.7 | 1191.64 | 653.25 |
| 4 | PAR30 | 15 | 3 | 30 | 27 | 93.1 | 1659.14 | 822.55 |
| 5 | PAR30 | 9 | 9 | 60 | 58 | 89.6 | 769.47 | 380.46 |
| 6 | PAR30 | 15 | 3 | 60 | 58 | 90.7 | 924.55 | 425.6 |

## 3. 결 론

본 논문에서는 LED의 고출력화가 이루어지면서 조명용으로 많이 사용되고 있는 LED MR 타입과 PAR 타입의 램프를 설계하였다. 1W와 5W급의 High power LED를 이용하여 입력 전력이 다르고 빔 각이 각기 다른 총 6가지의 램프에 대한 반사판 설계를 진행하였다. 실제 제작 시 비용 절감을 감안하여 반사판으로 광학제어를 하였고, 램프 사이즈를 소형으로 구현하기 위해 최소한의 반사판 사이즈를 갖도록 하였다.

최종적으로 최대광도와 1/2 광도값을 비교하여 설계된 램프의 광학 성능을 비교하였다.

반사판을 이용하여 제어를 할 경우 LED의 취부 위치로부터 반사판의 높이가 높아지면 더욱 정밀한 제어를 할 수 있지만 방열의 문제를 안고 있는 LED 램프의 경우 사이즈가 더욱 커지는 문제가 있다.

설계 결과 소형의 반사판으로 원하는 광학 성능을 어느정도 달성할 수 있음을 알 수 있었다.

### 참 고 문 헌


[1] CL-652-C1N.pdf, CL-L190-C5N.pdf, Citizen LED secification

[2] Photopia User Guide "Lamp Modeling"

[3] R.H. Simons and A.R. Bean "Lighting Enginnering applied calculations", MPG Books Ltd, Bodmin, Cornwall, pp.228