

루미나리에(Luminarie)용 고출력 LED패키지 배광분포 모델링 및 광학적 특성 분석

조재문 · 김병일 · 박준섭[†]

순천대학교 나노신소재응용공학부
☎ 540-742 전남 순천시 매곡동 315

윤동주

순천대학교 산학협력단
☎ 540-742 전남 순천시 매곡동 315 순천대학교 산학협력관

유진열

(주)금산전자
☎ 500-460 광주광역시 북구 월출동 977-14

(2007년 8월 13일 받음, 2007년 8월 20일 수정본 받음)

기존 필라멘트 방식의 루미나리에용 조명의 단점을 극복하기 위해 필라멘트를 LED로 바꾸기 위한 연구가 활발하게 진행 중이다. 본 연구는 루미나리에용에 적합한 LED패키지 구조를 만들기 위해 ray tracing simulator를 이용해 다양한 구조를 모델링하고 시뮬레이션 결과를 통해 각 구조에서의 배광분포를 측정하였다.

시뮬레이션 결과, LED 패키지의 내부 반사경의 각을 증가시킬수록 배광분포가 두 개의 피크로 갈라지면서 피크간의 각이 점점 커졌다. 또한 외부 반사경 각이 증가함에 따라 양쪽 피크간의 각이 점점 줄어들다가 50°를 기준으로 다시 증가하였다. 이러한 결과는 LED에서 발생한 빛이 두 개의 반사경에 의하여 반사되는 각도가 달라짐에 의하여 발생함을 알 수 있었다.

Ray tracing simulator를 이용하여 구한 LED 패키지 구조의 조건을 적용하여 루미나리에용 LED패키지를 제작하였고 배광분포 측정기를 이용해 광 특성을 측정하였으며 시뮬레이션의 결과와 유사한 특성을 얻었다.

주제어 : 루미나리에(Luminarie), LED, Light Tools, 고출력 패키지

I 서 론

루미나리에(Luminarie)란 조명을 형상화하여 예술체를 만들거나 건물 등을 치장하는 장식조명으로 “빛의 예술(Luminal Art)” 또는 “빛의 축제”를 의미한다. 이탈리아에서 시작된 400년 전동의 빛의 축제 루미나리에에는 영국, 독일, 스페인 등 유럽지역과 미국, 일본 등에서 개최되어 도시의 야경을 예술작품으로 승화시키고 있다.^[1] 최근 국내에서도 도심의 외곽개발과 위성도시의 건설로 도심중심가의 공동화 현상이 심화되자 이를 해소할 대안으로 주목 받으면서 서울 청계천, 광화문, 테크노마트, 부천시, 부산시, 목포시 등에서 이미 설치를 마치고 도시의 이미지 제고 및 문화, 예술기능을 부가한 명소 만들기를 추진하고 있다. 또한 아파트에 있어서도 건설업체명의 아파트에서 지역명의 아파트 그리고 업체명과 지역명이 합쳐진 아파트 명으로 바뀌게 되었고 보다 고유성을 가지는 컨셉 아파트가 등장하게 되며 아파트의 브랜드화가 일어나게 되었다.^[2] 이후 루미나리에가 구도심 활성화와 주변상가 매출증대에 상당한 효과가 있음이 검증되어 전국

지방자치단체에서 이의 도입을 앞다퉀 검토하는 추세에 있으며, 정부기관 이외에도 이벤트시대에 걸맞은 루미나리에 시장 수요의 증가가 예상된다. 그러나 현재 루미나리에 용으로 사용되는 필라멘트 방식의 Lamp는 과다한 전력소모, 짧은 수명, 유지보수의 어려움 등의 문제를 안고 있어 내구성을 갖는 상시 설치물로 사용하기에 부적절하다.

이에 국내외에서는 반도체의 빠른 처리속도와 낮은 전력소모 등 장점을 가지고 있고 환경친화적이면서도 에너지 절약 효과가 높아 차세대 국가 전략 제품으로 꼽히는 LED를 이용하여 이러한 문제를 해결하기 위해 연구개발이 활발히 진행되고 있다.^[3]

LED를 루미나리에 조명으로 사용하기 위해서는 그 배광분포 특성을 결정하는 LED패키지의 구조가 중요하다. 본 연구에서는 Light Tools를 이용하여 LED패키지의 다양한 구조를 설계하고 시뮬레이션 하여 그 결과를 분석하고 최적의 구조를 결정해서 최종적으로 cap을 씌었을 때 루미나리에용 조명으로 적합한 배광분포 특성을 갖게 할 수 있는 LED패키지 구조를 찾고자 한다.

[†] E-mail: jskwak@sunchon.ac.kr

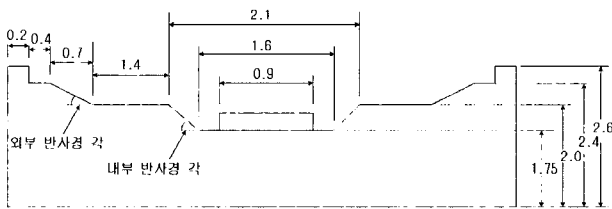
II. 시뮬레이션 결과 및 고찰

2.1 LED 반사경의 기본구조

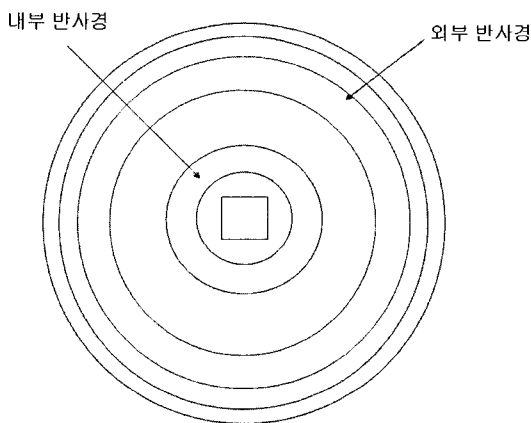
루미나리에용 조명으로 적합한 배광분포 특성을 갖게 할 수 있는 LED패키지 구조를 개발하기 위해서는 LED패키지의 구조를 설계하는 것이 가장 중요하다. 특히 LED에서 발생한 빛을 외부로 반사시켜 배광분포를 형성하는 반사경의 구조를 설계하는 것은 루미나리에용 조명으로 적합한 배광분포를 형성하는데 매우 중요한 요소이다. 본 연구에서는 LED패키지의 구조에 따른 배광분포를 시뮬레이션 하기 위하여 Light Tools 프로그램으로 ray tracing을 실시하였다.

Light Tools에서는 신뢰할 수 있는 시뮬레이션 결과를 얻기 위해 외형을 설계한 뒤 die, cup, lens의 특성에 맞는 적절한 재질을 선택하고 그에 맞는 굴절률, 투과율과 반사율 등의 데이터 입력이 필요하다.^[4] 본 연구에서는, LED 칩의 파장은 460 nm이고, 칩 크기는 0.9 mm × 0.9 mm이며, 반사경의 반사율은 95% 이상으로 하여 다양한 구조로 모델링 하였다. 그림 1은 변수를 변화시키기 전의 기본적인 구조와 명칭을 나타낸다.

그림 1의 치수를 토대로 Light Tools의 Revolve기능을 이용해 반사경을 설계하고, 내부 반사경 각, 외부 반사경 각을 변화시키면서 시뮬레이션을 실행하였다. 각의 변화는 밑변의 길이를 단계적으로 변화시키면서 조절하였다.



(a) 단면도



(b) 평면도

그림 1. 기본적 치수와 명칭(mm).

2.2 반사경 각에 따른 배광분포 시뮬레이션

2.2.1 LED 패키지의 내부 반사경 각의 변화에 따른 배광분포 변화

본 연구에서는 외부 반사경의 각을 기본구조인 29.7°로 고정시키고 배광분포에 가장 큰 영향을 줄 것으로 예상되는 내부 반사경의 각을 변화시키면서 시뮬레이션을 실시하였다. 그림 2는 내부 반사경 각의 변화에 대한 피크간의 각을 나타내며 그림은 각 지점에서의 배광분포를 나타낸다.

시뮬레이션 결과, 내부 반사경의 각이 46°~49°에서는 피크가 중앙에 하나 나타났다. 그러나 50°부터 피크가 두 개로 분리 되면서 50° 이상의 각도에서는 분리된 피크간의 각이 계속 증가하고 내부 반사경의 각이 59°일 때 피크간의 각은 56°이었다. 내부 반사경 각의 변화에 따라 배광분포가 급격히 달라지는 원인을 알고자 각 구조에서 ray tracing을 실시하였다.

그림 3은 그림 2에 나타난 배광분포 그림의 구조에서 ray tracing한 결과이다. 그림 3에 나타난 바와 같이 LED 패키지의 내부 반사경 각이 48.7°에서는 내부 반사경에서 반사된 빛들이 그대로 위로 올라가면서 양쪽에서 반사된 빛이 가운데에 모이는 반면, 54.3°에서는 반사된 빛이 서로 교차가 일어나고 59°가 되면 교차되는 각이 더 커지는 것을 알 수 있었다. 이러한 원인에 의해 내부 반사경의 각이 46°~49°에서는 피크가 중앙에 하나 나타나고 내부 반사경의 각이 50° 이상에서는 피크가 두 개로 분리되며 각이 더욱 증가함에 피크간의 각이 증가됨을 알 수 있었다. 이러한 결과는 내부 반사경의 각이 배광분포의 전체적인 모양을 결정하는데 매우 중요한 역할을 함을 의미한다. 루미나리에 조명으로 사용하기 위해서는 피크가 두 개로 분리되지 않는 범위에서 피크의 폭을 증가시켜주어 넓은 각도에서 빛을 발산하는 것이 유리하므로 내부 반사경의 각을 48.7°로 하는 것이 바람직함을 알 수 있다.

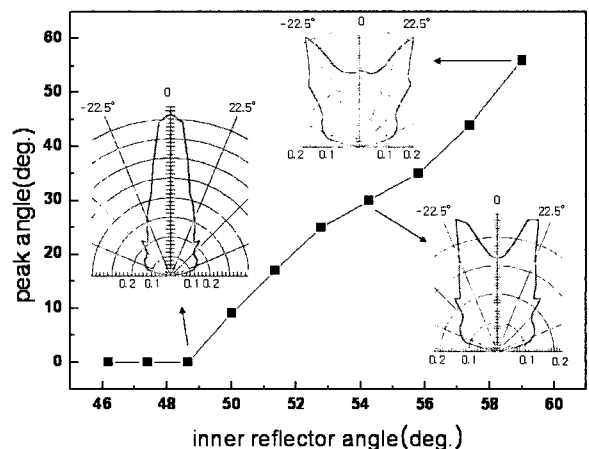


그림 2. 내부 반사경 각의 변화에 대한 배광분포의 피크 각. (외부 반사경 각도 29.7°)

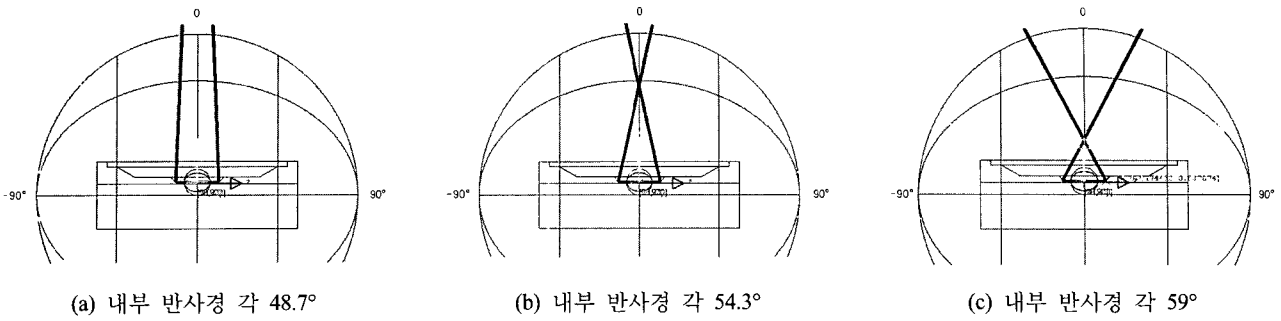


그림 3. 내부 반사경 각의 변화에 따른 ray tracing결과(외부 반사경 각도 29.7°).

2.2.2 외부 반사경 각의 변화에 의한 배광분포 변화

본 연구에서는 내부 반사경의 각을 가장 유리하다고 판단되는 48.7°로 고정하고 배광분포에 영향을 주는 또 하나의 중요 요소인 외부 반사경의 각을 변화시키면서 시뮬레이션을 실시하였다. 그림 4는 외부 반사경 각의 변화에 따른 배광분포의 변화를 나타낸다.

그림 4의 결과에 나타난 바와 같이, 외부 반사경 각이 29.7°일 때 0° 위치에 중심 피크와 더불어 37° 위치에 두 개의 사이드 피크가 나타났고, 외부 반사경 각이 33.7°일 때 중심 피크와 더불어 22° 위치에 두 개의 사이드 피크가 나타났으며 33.7°일 때 사이드 피크의 강도는 29.7°일 때에 비하여 높게 나타남을 알 수 있었다. 외부 반사경의 각이 38.7°일 때 두 개의 피크가 나타나는 데 이는 사이드 피크의 강도가 중심 피크보다 커지고, 중심 피크와 사이드 피크가 겹치면서 두

개의 피크로 나타난다고 사료된다. 또한 외부 반사경 각이 45°보다 커지면 반대의 현상이 나타난다. 외부 반사경의 각이 45°보다 작은 각도에서는 각이 커짐에 따라 사이드 피크의 각이 작아지면서 강도는 증가하지만 45°보다 큰 각도에서는 각이 커짐에 따라 사이드 피크의 각이 커지면서 강도는 감소한다. 이는 외부 반사경 각에 따라 빛이 퍼지는 각도와 세기가 달라짐을 의미한다. 외부 반사경 각의 변화에 따라 배광분포가 달라지는 원인을 알고자 각 구조에서 ray tracing을 실시하였다. 그림 5는 그림 4의 구조에서 배광분포를 알기 위해 실시한 ray tracing의 결과이다. 29.7°에서는 외부 반사경을 맞고 바깥쪽으로 반사되면서 넓은 피크가 발생하여 그림 4(a)에 나타난 사이드 피크가 발생함을 알 수 있었고 각이 33.7°로 커지면서 그 각은 줄어들다가 45.0°에서는 거의 수직으로 반사되면서 중심 피크와 사이드 피크가 겹쳐지

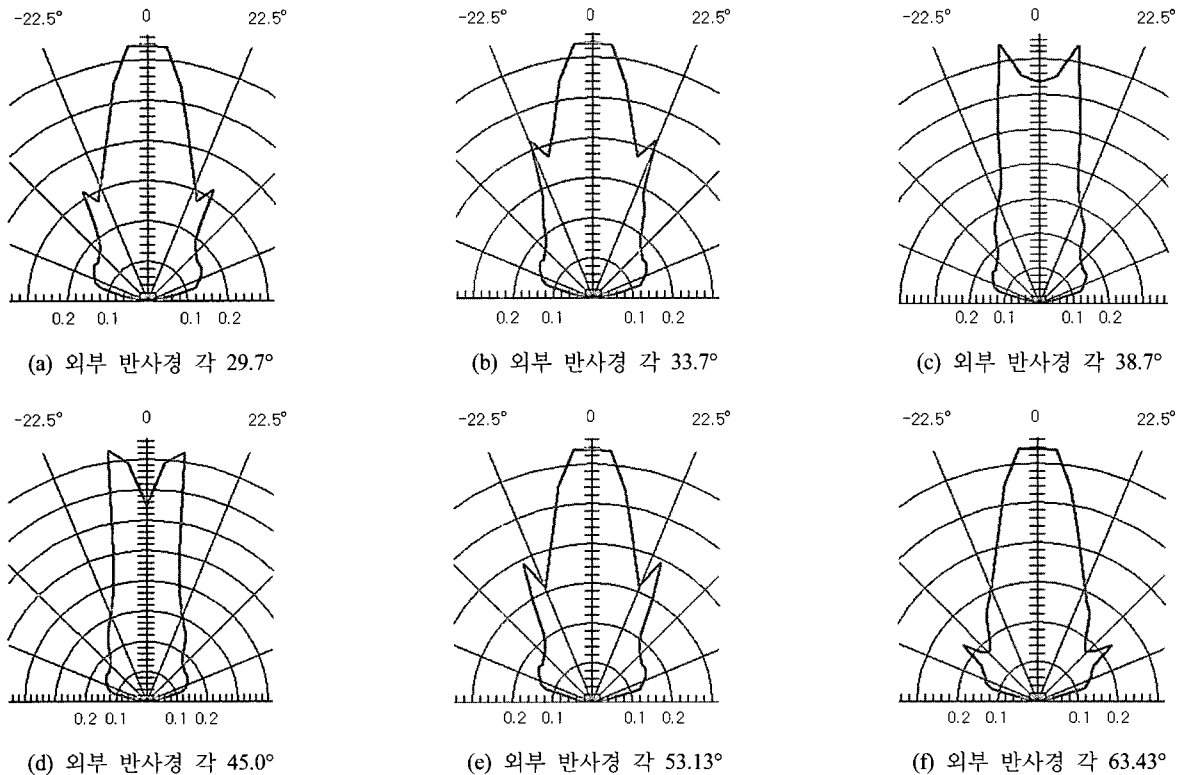


그림 4. 외부 반사경 각에 따른 배광분포(내부 반사경 각도 48.7°).

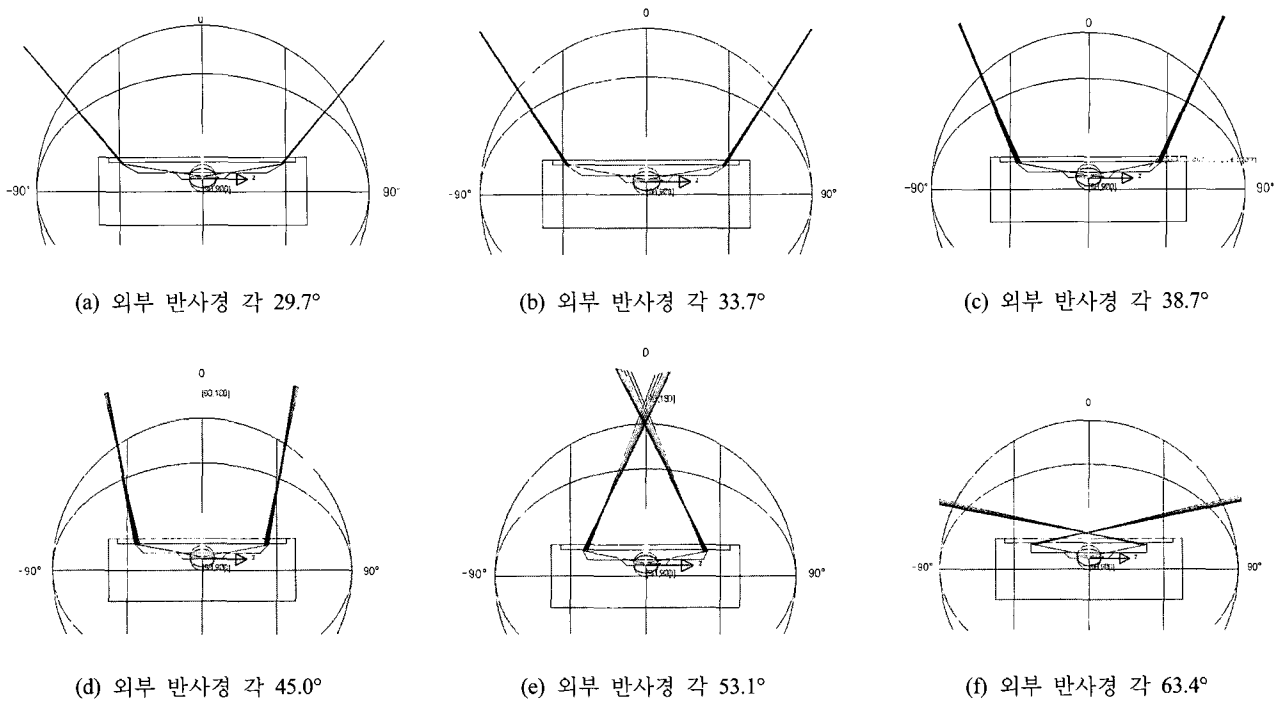


그림 5. 외부 반사경 각의 변화에 따른 ray tracing 결과(내부 반사경 각도 48.7°).

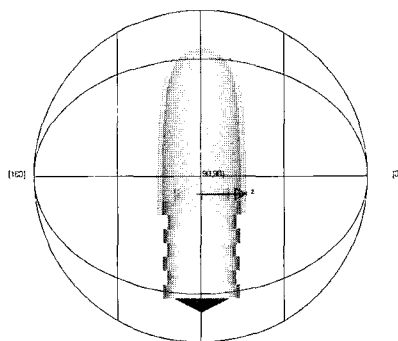
면서 그림 4(d)의 형태가 됨을 알 수 있고, 45.0° 이후부터는 외부 반사경에서 빛이 안쪽으로 반사되면서 서로 교차가 일어나고 각이 커질수록 교차되는 각이 더 커짐을 알 수 있었다. 또한 외부 반사경의 각이 45°보다 큰 각에서는 반사경에서 반사된 빛이 반대쪽으로 가기 때문에 경로가 길어져서 45°보다 작은 각에서의 강도보다 약함을 알 수 있었다.

외부 반사경 각의 변화에 따른 배광분포 시뮬레이션 결과, 외부 반사경 각의 변화는 사이드 피크의 특성을 결정하는 요인으로 작용한다고 생각된다. 루미나리에 조명으로 사용하기 위해서는 피크가 두 개로 분리되지 않는 범위에서 주 피크와 더불어 사이드 피크의 폭을 증가시켜주어 빛을 발산하는 것이 유리하므로 외부 반사경의 각을 33.7°로 하는 것이 유리하다고 사료된다.

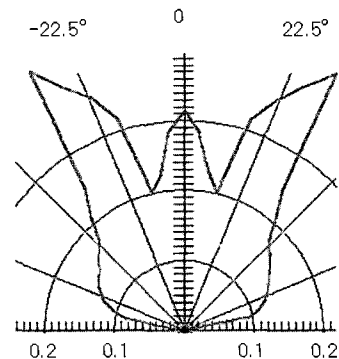
2.2.3 LED 패키지 위에 cap을 씌운 구조의 시뮬레이션

본 연구에서는 내부 및 외부 반사경의 각을 변화시킴에 따른 배광분포 변화 시뮬레이션을 통해 루미나리에 용으로 적합한 LED 패키지 구조를 도출한 결과를 바탕으로 실제 제품으로 만들었을 때의 배광분포를 알기 위해 LED 패키지 위에 cap을 장착한 구조를 모델링하여 시뮬레이션 하였다. 본 연구에서 사용한 LED 패키지 구조는 내부 반사경의 각은 48.7°, 외부 반사경의 각은 33.7°였다. 이는 루미나리에용에 사용하기 위한 넓은 배광분포와 광경로와 강도를 고려하여 결정되었다.

그림 6은 LED 패키지 위에 cap을 장착한 구조를 모델링한 모형이다. 시뮬레이션 결과 피크간의 각은 65°이고 각 부분에서의 강도가 골고루 분포되어 루미나리에용 조명으로 적

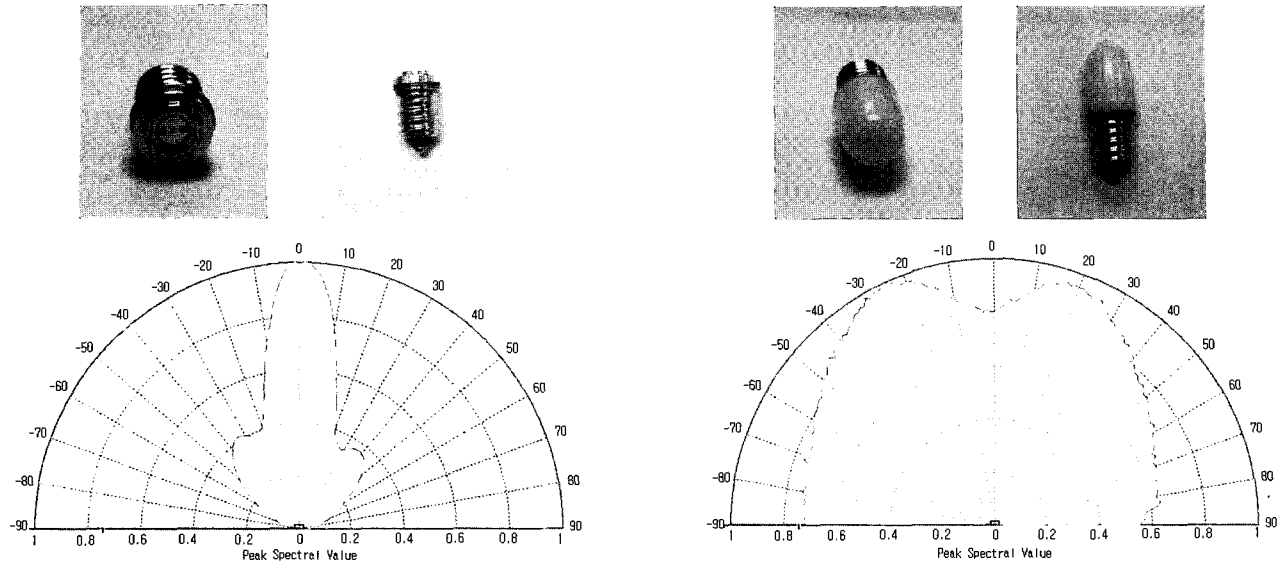


(a) 모델링한 실제 제품



(b) 모델링한 실제 제품의 배광분포

그림 6. Light Tools로 (a) 모델링한 실제 제품 모형과 (b) 배광분포.



(a) cap을 씌우기 전의 배광분포

(b) cap을 씌운 후의 배광분포

그림 7. 실제 제품의 (a) cap을 씌우기 전의 배광분포와 (b) cap을 씌운 후의 배광분포.

합하다고 판단된다. 그림 6의 (b)에서 세 개의 피크가 생기는 이유는 cap을 씌우지 않은 그림 4의 (b)의 배광분포 형태가 cap의 중간높이부터 시작되는 굴곡에 의해 사이드 피크가 극대화 되고, cap 정점의 굴곡에 의해 가운데 주 피크의 강도가 약해지기 때문으로 사료된다.

III. LED를 이용한 루미나리에용 조명 제작 및 배광분포 측정

본 연구에서는 LED 패키지 시뮬레이션 결과를 바탕으로 LED를 이용한 루미나리에용 조명을 제작하였고, 배광분포 측정장비(OL770)를 이용하여 배광 분포를 측정하였다. 그림 7은 LED를 이용한 루미나리에용 조명의 사진과 배광분포 측정 결과이다.

그림 6에서의 시뮬레이션 배광분포가 3개의 피크로 이루어진 반면 그림 7의 실제 배광분포는 두 개의 피크가 나타남을 알 수 있다. 그 이유는 시뮬레이션의 배광분포 중 가운데 피크와 사이드 피크가 실제 측정에 있어 서로 겹치면서 그림 7에서 보이는 배광분포 처럼 나타난 것으로 사료된다. 그 외 피크의 위치나 각은 시뮬레이션 했을 때와 유사함을 알 수 있다.

IV. 결 론

본 연구에서는 Light Tools을 이용하여 LED를 이용한 루미나리에용 조명을 개발하고자, Light Tools를 이용하여 LED 패키지의 내부 및 외부 반사경의 각을 변화시켜 가면서 배광분포의 변화를 연구하였다. 내부 반사경의 각은 배광분포의 주 피크의 형태를 결정하는데 매우 중요한 역할을 하였고,

외부 반사경의 각의 변화는 주 피크의 좌우에서 형성되는 사이드 피크의 특성을 결정하는 요인으로 작용함을 알 수 있었다. 루미나리에 조명으로 사용하기 위해서는 피크가 두 개로 분리되지 않는 범위에서 피크의 폭을 증가시켜주어 넓은 각도에서 빛을 발산하는 것이 유리하므로 내부 반사경의 각을 48.7°로 하는 것이 바람직하는 것을 알 수 있었고, 주 피크와 더불어 사이드 피크의 폭을 증가시켜주어 빛을 발산하는 것이 유리하므로 외부 반사경의 각을 33.7°로 하는 것이 유리하다고 사료되었다.

내부 및 외부 반사경의 각을 변화시킴에 따른 배광분포 변화 시뮬레이션을 통해 루미나리에 용으로 적합한 LED 패키지 구조를 도출한 결과를 바탕으로 실제 제품으로 만들었을 때의 배광분포를 알기 위해 LED 패키지 위에 cap을 장착한 구조를 모델링하여 시뮬레이션 하였고, LED 패키지 시뮬레이션 결과를 바탕으로 LED를 이용한 루미나리에용 조명을 제작한 결과, 시뮬레이션 결과와 유사한 특성을 나타냄을 알 수 있었다.

감사의 글

배광분포 측정에 도움을 주신 한국광기술원 천우영 박사님께 감사드립니다. 본 과제는 교육인적자원부·산업자원부 출연금으로 수행한 산학협력중심대학 육성사업의 연구결과물입니다.

참고문헌

[1] 김현정, 김찬수, 김정태 저, 이탈리아·일본·한국의 루미나리에 비교, 한국조명·전기설비학회, 한국조명

- 전기설비학회 학술대회논문집, 한국조명·전기설비학회 2004년도 춘계 학술대회논문집, pp. 3~8, 2004.
- [2] 이상범, 조영준, 임남기, “건설업체의 브랜드 마케팅 전략 방안”, *한국건축시공학회*, vol. 4, pp. 153~160, 2004.
- [3] 정봉만, 정학근, “조명용 LED 광원기”, *조명전기설비학회*, 2005 춘계 학술대회, vol. 1, p. 67, 2005.
- [4] 한정아, 김정태, *한국광학회지*, vol. 18, pp. 111~116, 2007.

Modeling and Analysis of Radiation Patterns of High Power LED Package for Luminarie

Jae-Moon Cho, Byung-II Kim, and Joon Seop Kwak[†]

Department of Materials Science and Metallurgical Engineering, Suncheon National University, 315 Maegok, Jeonnam, Suncheon 540-742, Korea

[†]*E-mail: jskwak@suncheon.ac.kr*

Dong-Joo Yoon

Industry-Academic Cooperation Foundation, Suncheon National University, 315 Maegok, Jeonnam, Suncheon 540-742, Korea

Jin-Yeul Yu

Gold Mountain Electronic Co.,Ltd, 977-14 Wolchul, Bukgu, Gwangju Metropolitan City 500-460, Korea

(Received August 13, 2007, Revised manuscript August 20, 2007)

Today's research has been focused on changing the light source from filament to LED for luminarie illumination to overcome the shortcoming of a filament. The purpose of this research is to make an appropriate high power LED package structure for luminarie. We simulated radiation patterns of the various structures by the ray tracing simulator (Light Tools), and also analyzed the radiation patterns using an LED test system (OL770).

As we increased an inner reflector angle, the radiation pattern split into two peaks and the angle between two peaks became larger. In addition, when we increased an outer reflector angle, the angle between side peaks gradually decreased, while it increased again when the angle reach 50°. These results could be understood from the ray tracing of the light reflected from two reflectors.

We made the high power LED package for luminarie on the condition of the optimized structure which was made by ray tracing simulation results, and we measured the radiation patterns by using an LED test system, and these results were well matched to the simulation results.

OCIS code : 120.0120, 200.0200, 220.0220, 230.0230.