

## LED 캡슐 내부의 광선 추적 방식이 LED 배광 분포에 미치는 영향 분석

### Influence of Ray-Handling Method within LED capsule on Light Distribution Pattern

정상철<sup>1,\*</sup>, 이윤석<sup>1</sup>, 김대찬<sup>1</sup>, 서승원<sup>2</sup>, 최태일<sup>2</sup>, 오범환<sup>1</sup>, 박세근<sup>1</sup>, 이일항<sup>1</sup>, 이승걸<sup>1</sup>

<sup>1</sup>인하대학교 정보공학과, <sup>2</sup>삼성전기 생산기술 연구소

[sglee@inha.ac.kr](mailto:sglee@inha.ac.kr)

**Abstract** : In order to develop a simple ray tracing model for simulating the radiation pattern of a LED, the propagation of a ray within the LED capsule was systematically evaluated by considering refraction and reflection from the capsule-air interface, multiple reflection within the capsule, and total internal reflection at the boundary. It was found that concentric ring shapes on the radiation pattern was formed by the rays multiple-reflected from the capsule surface, and that the strength of these rays were decreased rapidly as the number of multiple reflection is increased.

최근 LED 기술의 비약적인 발전은 산업, 의료, 가전 등 다양한 분야에서 그 응용범위를 빠르게 확장해 나가고 있으며 다양한 종류의 LED에 대한 특성 연구도 활발하게 진행되고 있다. 이러한 연구 분야 중에서 각각의 LED에서 발생된 빛이 어떤 분포로 방사될 것인가에 대한 정보는 매우 중요하다. 예컨대 산업계 응용의 경우, LED를 조명장치로 하여 Automated Optical Inspection 시스템을 구축한다면 LED의 배광 분포는 매우 균일한 고지향의 특성을 갖고 있어야 하기 때문에<sup>[1]</sup> 사용될 LED의 배광 분포를 정확하게 파악하는 것은 효율적 시스템 설계의 가장 기본적인 단계라고 할 것이다. 이제까지의 배광 분포에 대한 연구는 LED 캡슐(capsule)과 캡슐 내부의 발광 칩(chip)을 하나의 물리적 요소로 간주하여 이를 통하여 나오는 배광 분포를 연구한 것이 대부분이었으며 제조사에서 제공하는 data sheet의 정보에 의존하는 경우, 캡슐 내부에 있는 발광칩의 상대적 위치에 따라서 조명하려는 공간에서의 배광 분포는 달라질 수 있다.<sup>[2]</sup> 조명 목적에 따라서는 이러한 편차는 매우 민감한 요소가 될 수도 있다.

본 연구에서는 LED의 배광 분포를 보다 정확하게 파악하기 위해 일반적으로 가장 많이 사용되는 Lamp형 LED에서 LED 캡슐을 원통 및 렌즈로 구성된 균일한 등방성 매질로 모델링하고, 캡슐과 칩의 상대적 위치는 검출기 표면에 초점이 맺히는 위치로 설정하였다. 칩에서 방출되는 광선은 Lambertian 분포로 랜덤하게 발생시켰으며 캡슐-공기 경계면에서 광선의 반사 혹은 굴절 여부는 반사율을 고려하는 Monte Carlo 방법으로 처리하였다<sup>[3]</sup>.

그림 1 (a)는 캡슐 내부에 있는 칩에서 방출된 광선이 캡슐 경계면에서 다중반사되는 효과를 고려한 배광 분포의 spot diagram이며 (b)는 directivity graph, (c)는 irradiance graph이다. 광선은 10,000개를 발생시켰으며, 원통의 직경 3.1 mm, 렌즈의 높이 1.55 mm, 곡률 1.55 mm, 굴절률 1.57, 칩은 0.25 x 0.25 mm<sup>2</sup>의 정사각 평면 모양으로 원통 중심의 밑면에서 높이 2.27 mm에 위치한다. 계산된 결과는 렌즈

를 통하여 초점이 맺힘으로써 중심에 집중된 배광 분포 외에 60° 방향으로 방사되는 환형의 배광 분포를 볼 수 있다. 이러한 현상은 LED 전면의 렌즈가 아닌 원통을 이루는 측면에 반사된 광선 때문에 나타나는 것으로 판단된다. 환형의 배광 분포의 실제적인 밝기를 보이기 위하여 검출기에 입사되는 광선에 대하여 입사각의 cos 값을 가중한 Irradiance graph에 보였다. 환형 배광 분포는 중심에 집중된 광선에 비하여 상대적으로 매우 약한 세기임을 알 수 있다. 그림 2에 원통면에서의 다중반사 효과를 고려하지 않고 렌즈만을 직접 통과하여 방사되는 광선의 분포를 보였으며 그림 1에 나타났던 환형의 배광 분포가 사라진 것을 확인할 수 있다. 마지막으로 다중반사의 횟수를 2번으로 제한한 결과를 구했으나, 다중반사를 3회 이상 고려한 경우와 크게 차이가 나지 않았는데, 2회 이상 반사되는 광선의 개수는 그렇지 않은 광선에 비하여 상대적으로 무시할 수 있음을 알 수 있었다. 따라서 2번의 다중반사 효과만을 고려함으로써 계산 시간을 단축 할 수 있을 것이다. 앞으로 LED 내부에서 chip의 위치, 다양한 형태의 LED, 복수 개의 LED array 등에 대한 계산을 수행할 계획이다.

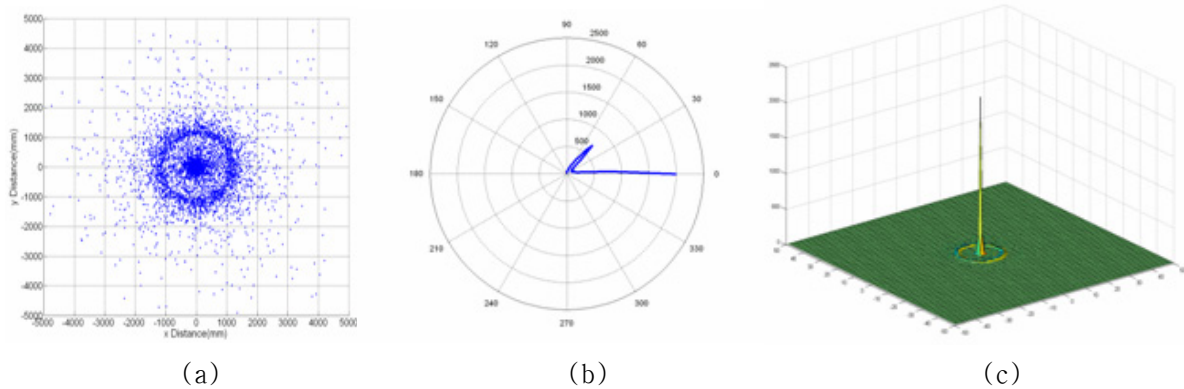


그림 1. 다중반사를 고려한 (a) spot diagram, (b) directivity graph, (c) irradiance graph

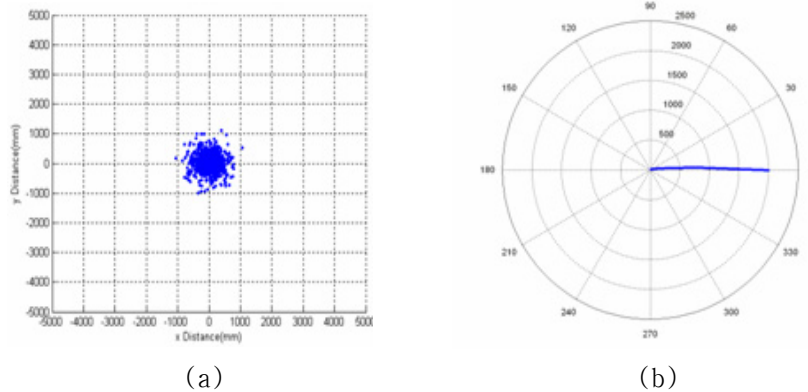


그림 2. (a) 원통면 반사를 고려하지 않은 spot diagram과 (b) directivity graph

참고 문헌

[1] A. L. Dubovikov, S. S. Repin, and S. N. Natarovskii, "Features of the use of LEDs in artificial-vision systems," J. Opt. Technol., **72**, 40-42 (2005)  
 [2] 한정아, 김종태, "고출력 LED 모델링 및 광학적 특성 분석", Hankook Kwanghak Hoeji, **18(2)**, April 2007  
 [3] 이승걸, 박현용 "마이크로 광소자의 특성 평가를 위한 tool 개발에 관한 연구", 한요 텔레콤 연구 보고서 pp. 15-20, May 2002.