

적분구상에서의 면 광원의 배광 분포별 전광선속 변화

(Total luminous flux change of surface emitting light source
for variable luminous intensity distribution on Integrating sphere)

김한필*, 송민욱*, 류우찬**, 조현석*

(Han-Pil Kim, Min-Wook Song, Uh-Chan Ryu, Hyun-Seok Jo)

(*충남디스플레이센터, **한국광기술원)

요약

적분구를 활용하여 디스플레이 및 조명용 면 광원의 전광선속을 측정하는 방법에 대하여 광학 시뮬레이션을 통해 면 광원의 크기 및 배광 분포에 따른 전광선속 값의 변화를 예측하였다. 이를 통해 면 광원의 배광 분포와 검출기와 발광면의 상호 위치 및 면 광원 자체 차폐 효과에 따른 상황별 오차 분석 및 최적의 측정 조건 등을 도출하였다.

Key Words : Integrating sphere, Surface-emitting light source, Total luminous flux, Luminous intensity distribution

1. 서론

최근 친환경 및 에너지 효율 개선이라는 사회적 이슈와 함께 LED를 적용한 각종 면 광원 개발이 활발하다. 이와 관련하여 디스플레이 및 조명 분야의 경우, LED 고유의 지향각 분포를 제어하기 위해 각종 광학 부품(예: 확산판, 프리즘 필름 등)들을 적용하는데, 에너지 효율을 고려한 최적의 조합을 찾기 위한 노력의 일환으로 전광선속을 측정하는 방법을 고민하고 있다.

일반적으로 전광선속을 측정하는 방법은 적분구(Integrating sphere)를 활용하는 방법과 측각 광도계(Goniophotometer)를 활용하는 방법 2가지로 구분할 수 있으나, 빠른 측정 시간 및 사용자 편의성 등과 같은 장점 때문에 적분구 활용 방법을 선호하고 있다. 하지만, 이러한 장점에도 불구하고, 측정 대상 광원과 표준 램프와의 크기, 재질 및 배광 분포 등이 상이할 경우 측정 결과를 신뢰하기 힘들다는 치명적인 단점이 있다. 이에 따라, 본 논문에서는 광학 시뮬레이션을 통해 적분구를 구현한 후 면 광원의 광학 필름 구성에 따른 배광 분포를 적용하여 각 상황별 전광선속 값의 오차를 예측해 보고자 한다.

2. 이론 고찰

2.1 적분구를 활용한 비교 측정 방법

적분구는 그 내부 표면의 반사 특성이 “램버시안”

특성을 갖도록 BaSO₄ 등으로 코팅 처리된 이상적인 구광(Sphere Shell)으로 적분구 내부 구면상 어느 위치에서나 조명도(Illuminance)가 같아지도록 만들어진 장치이다. 하지만, 면 광원을 적분구 내부에 설치할 경우, 면 광원 자체의 흡수 및 차폐 효과와 특정 방향으로 제한된 배광 분포 등에 따른 제약 요건으로 인하여 더이상 적분구면상에서 동일한 조명도를 기대할 수 없어, 반드시 자체 차폐 효과 및 흡수에 따른 보정을 진행해 주어야만 하나, 그 작업이 쉽지가 않다. 적분구를 통한 전광선속은 식(1)과 같다.

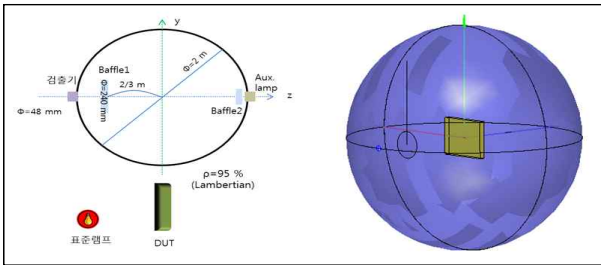
$$\phi_{v,dut} = \phi_{v,std} \cdot \frac{E_{dut}}{E_{std}} \cdot K_{abs} \cdot K_{scf} \cdot K_{ocf} \quad (1)$$

여기서, E_{std} , E_{dut} 는 각각 표준 램프와 피 측정 광원에 의한 광 조명도를 의미하며, K_{abs} , K_{scf} , K_{ocf} 는 각각 흡수율, 공간 및 색 보정 인자를 의미한다.

2.2 광학 시뮬레이션 방법

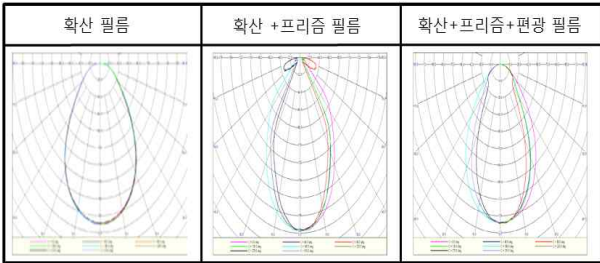
광학 시뮬레이션을 위해 상용 S/W인 RayWiz를 사용하였으며, 적분구 형상을 위한 기본 자료는 지름 2 m 크기의 적분구 구조를 참조 하였다. 기본 구성 및 S/W 상에서의 구현 모습은 <그림 1>과 같다. 시뮬레이션의 정확성 검증을 위해 이상적인 점 광원을 표준 램프로 설정한 후 적분구에 비해 매우 작아 점 광원으로 취급 가능한 백열 전구를 측정 대상 광원으로 삼아 계산한 결과 0.5 % 이내에서

일치함을 확인하였다.



<그림 1 적분구 형상 및 S/W상 구현>

이를 바탕으로 LED를 적용한 20 inch급 모니터와 46 inch급 TV에 적용된 광학 필름별 배광 분포를 적용하여 계산한 후, 설정 광원의 이론적인 결과와 비교하여 상대적 오차를 계산하였다. 또한, 검출기와 발광면의 상대적 위치에 대한 오차 역시 계산하였다.



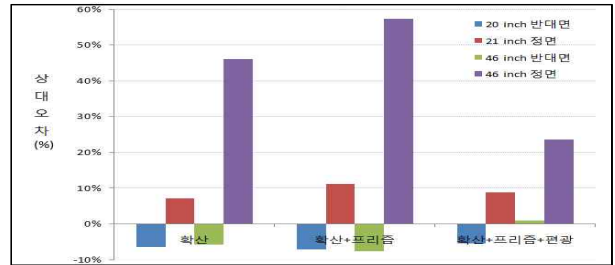
<그림 2 적용된 광학 필름별 배광 분포>

설정 광원의 정확한 출광 분포를 구현하기 위해 특성을 <그림 2>에 나타난 배광 데이터를 직접 입력 (Apodization)하였으며, 적분구의 반사 특성을 고려하여 1로 규격화된 최초 광선의 에너지가 10^{-6} (반사율 95 %에서 약 270회)까지 떨어질 때까지 광선을 추적하도록 설정하였다. 시뮬레이션 결과의 신뢰도를 높이기 위해서는 충분한 수의 광선을 추적하여야 하며, 계산 시간과 신뢰 수준 등을 적절히 고려하여 1,000만 개의 광선을 추적토록 하였다.

3. 시뮬레이션 결과

면 광원 특성상 출광 입체각이 2π 이내로 제한됨에 따라 검출기와의 상대적 방향이 측정 결과에 큰 영향을 끼칠 것으로 예상되어 검출기의 정면과 반대 방향에 대해 각각 시뮬레이션 하였다. 보조 광원을 통한 면 광원 자체에 의한 흡수율은 보정 하였으나, 자체 차폐 효과는 광선 추적시 이미 포함 되었기 때문에 따로 고려하지 않았다.

시뮬레이션 결과는 <그림 2>에 나타내었다.



<그림 3 배광 분포 및 발광면 방향별 상대 오차>

4. 결론

본 논문에서는 적분구를 활용하여 면 광원의 배광 분포에 따른 전광선속 값의 오차 변화를 광학 시뮬레이션을 통해 정량적으로 해석하였다.

- 1). 프리즘 필름이 적용된 경우, 배광 분포가 다른 경우에 비해 중앙 집중적인 경향이 강하며, 이로 인하여 같은 크기의 광원에서도 최대 33.8 % 정도의 오차가 발생하였다.
- 2). 발광면이 검출기와의 반대 방향일 경우, 자체 차폐 효과에 의해 검출기에 도달할 확률이 적어 그 값이 대체적으로 낮게 평가되는 경향을 보였다.

적분구에서 공간 보정 인자를 산출하는 것은 쉽지 않은 일이며, 이에 따라 측정 오차가 발생할 가능성이 항상 존재한다. 이를 위해, 광원의 크기 및 배광 분포별 상황을 가정하여 광학 시뮬레이션을 통한 데이터 베이스화가 진행된다면 해당 오차만큼만 보정하면 되기 때문에 적분구를 활용해서도 충분히 정확한 측정이 이루어 질 수 있을 것으로 기대된다.

References

- [1] CIE 84; The measurement of luminous flux
- [2] S.Park,D.H.Lee,Y.-W. Kim, H.-P.Kim, and S.-N.Park, "Study on the total luminous flux measurement of surface-emitting light sources using an integrating sphere" in Proceedings of CIE Expert Symposium on Advances in Photometry and Colorimetry,x033:2008(CIE, 2008)
- [3] IES LM-79-08; Electrical and photometric measurements of Solid-State Lighting products
- [5] Mu-Qing Liu,Xiao-Li Zhou, Wen-Yi Li, Yu-Yang Chen and Wan-Lu Zhang, Study on methodology of LED's luminous flux measurement with integrating sphere, Applied Physics (2008)