적분구를 이용한 대면적 면광원 전광선속 측정

Total luminous flux measurement of large-area, surface-emitting light sources using an integrating sphere

이주은, 조재흥, 박승남*, 박성종*
한남대학교 물리학과, *한국표준과학연구원
spark@kriss.re.kr

보통 면광원은 발광부가 비교적 균일한 면 형태를 띠도록 광원모듈에 확산판을 조합하여 제작된 것을 일컫는다. 이러한 면광원은 낮은 불쾌 글래어와 균일한 조도 분포를 낼 수 있기 때문에 눈부심과 눈의 피로가 적어실내조명에 널리 사용하고 있다. 최근 효율이 좋고 다양한 형태로 엔지니어링이 가능한 LED나 OLED와 같은 새로운 조명소자가 빠른 속도로 발전해감에 따라 이를 이용한 면광원도 활발히 개발하고 있다.

조명 응용의 타당성을 결정짓는 가장 중요한 변수는 조명기의 조명효율인데, 이를 평가하기 위해서는 전광선속(단위: lm)의 정확한 측정이 필요하다. 본 연구에서는 적분구광도계를 이용한 면광원 측정방법을 연구하였다. 적분구에 사용하는 표준전구에 비해 면광원은 매우 크기 때문에 이에 맞는 적절한 광원 배치와 자기가림 효과의 보정이 필요로 하다.

일반적인 적분구광도계에서의 전광선속 측정은 측각광도계로 미리 인증된 표준전구를 시험대상 광원과 비교하여 측정하게 된다. 그런데, 일반적으로 표준전구와 시험대상 광원은 분광분포도 다르고 적분구내에서의 자기흡수량도 다르기 때문에 이러한 차이를 보상 해야만 한다. 또한 표준전구와 면광원이 적분구 내에서 빛을 조사시키는 공간분포의 불일치도 매우 커, 이에 따른 오차도 무시할 수 없는데, 이 효과는 보정하기가 까다롭다. 이러한 적분구에서의 면광원 측정과 관련하여 최근 광선추적법을 이용하여 대표적인 경우에 대해서 시뮬레이션한 결과,[1] 이에 대한 실현가능성을 확인하였고, 본 연구에는 이를 바탕으로 실험을 통해 최적화된 배치를 찾고자 하였다.

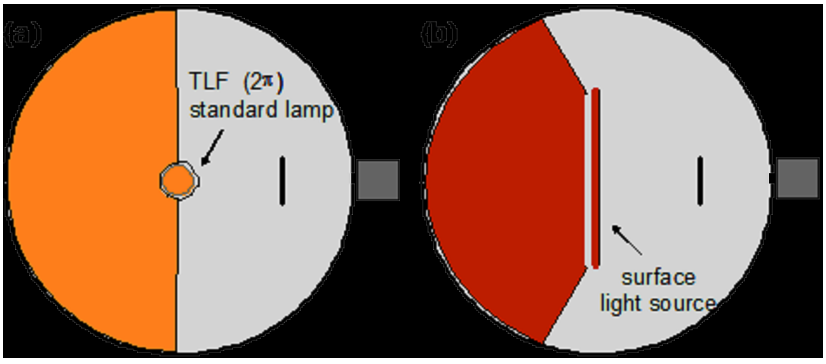

그림 1. 적분구 내 광원 배치 모습 (a) 표준전구 장착 시 (b) 시험대상 면광원 장착 시.

연구에 사용한 면광원은 50×50 cm^2, 100×100 cm^2 두 종류이고, 각 면광원은 격자 프레임과 백색 LED 9개로 만들어졌다. 실제 면광원처럼 광경로를 차단할 수 있도록 위하여 격자 프레임에 필요에 따라 검은색 종이, 흰색 종이를 붙일 수 있도록 하였다. 또한 2π, 4π 배광분포를 갖는 두 종류의 표준전구를 사용하였다. 각각은 사용하는 표준전구의 종류와 면광원이 향하는 방향, 종이의 유무에 따라 더 세분하여 측정하였다. 그 결과 면광원이 좌측을 바라보는 경우가 최적 배치로 나타났으며, 최적배치에서 구체적이 결과는 표 1과 같다.

표 1. 면광원이 좌측을 바라보는 2가지 경우에 대한 오차. 왼쪽 전체오차는 공간응답오차와 자기가림효과가 모두 포함된 오차이고, 오른쪽은 공간응답오차가 제외된 자기가림효과만의 오차이다. 아래 평균은 2경우 전체오차에 대한 평균이고, 맨 마지막 "종이 무"는 종이가 없이 뚫려 있을 때의 오차로 이 양이 오로지 공간응답에 의한 오차이다.

	전체오차		공간응답을 제외한 오차	
종이 종류	50 cm^2	100 cm^2	50 cm^2	100 cm^2
흑색종이	−4.0%	3.7%	−1.7%	5.2%
백색종이	−3.2%	−0.8%	−0.9%	0.7%
평균	−3.6%	1.5%		
종이 무	−1.3%	3.0%		

표1에서 보면 종이 없을 때를 제외한 2 경우 모두 오차평균을 보면, 50 cm^2 의 경우 -1.3%, 100 cm^2의 경우 3.0 %이다. 만약, 표1의 평균오차를 이용하여 흑색종이와 백색종이에 각각 보정한다면, 결과적으로 표2와 같이 적분구내에서 표준램프와 비교하여 3.0 % 오차 이내에서 측정 결과를 얻을 수 있다.

표 2. 표1의 평균 오차를 보정한 후의 잔여오차.

평균을 보정한 잔여오차		
종이 종류	50 cm^2	100 cm^2
흑색 종이	0.4%	2.2%
백색 종이	-0.4%	-2.3%
(최대-최소)/2	0.4%	2.3%

본 연구에 적분구를 이용하여 측정한 면광원은 표준램프보다 상대적으로 크기 때문에 이에 맞는 적절한 광원 배치에 대한 연구를 수행하였다.

적분구 중심에서 면광원을 측정 시에는 검출기의 반대방향을 위치시키고, 이에 따른 표준램프는 2π의 배광분포를 가지고, 면광원과 같은 방향으로 해주었을 때 오류율이 줄고, 적분구에서도 면광원을 측정할 수 있다.

참고문헌

1. S. Park, D.-H. Lee, Y.-W. Kim, H.-P. Kim, S.-N. Park “Study on the total luminous flux measurement of surface-emitting light sources using an intergrating sphere", CIE D2 2008 Expert Symposium on Advanced Photometry, Torino 2008.