

적분구를 이용한 대형광원의 측정방법

The Measurement Methods of a Large Light Source Using the Integrating Sphere

黃明根[†] ·李世賢^{*}

(Myung Keun Hwang · Se Hyun Lee)

Abstract – In this paper, We studied two methods to measure optical characteristics of an electrodeless light source using the integrating sphere(diameter 1.5m). One is to use a center measurement method and the other is to use a side measurement method. As a result of analysis, a side measurement method without auxiliary lamp is almost similar against a center measurement with auxiliary lamp to reduce a measurement of an error for luminous flux, luminous efficacy and spectral distribution etc. Therefore, Sample which cannot measured by reason of big size and heavy weight can be measured by a side measurement method.

Key Words : Light Source, LS, 광원, 신광원, 적분구

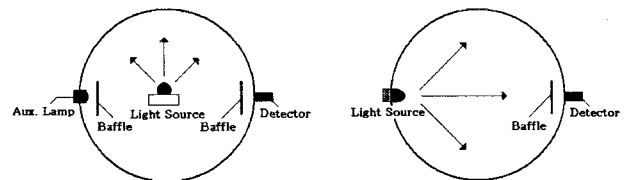
1. 서 론

최근 여러 형태의 신광원(new light source)들이 개발되고 있고 이를 운용하기 위한 시스템들도 다양한 형태로 개발되고 있다. 특히, 고효율, 고연색성 등의 특징을 갖는 무전극(electrodeless) 광원기술은 최근 들어 크게 부각되고 있는 차세대 광원기술로서, 대표적인 시스템으로 RF(radio frequency)로 구동되는 무전극광원을 들 수 있다^[1,2].

무전극 RF 유도결합방전을 이용하는 무전극 광원은 수명이 길어 램프의 교체비용이 절감될 수 있을 뿐만 아니라^[1,2,6], 광출력의 재점등 시간이 빠르다는 특징이 있는 반면 광원과 전원장치간의 거리 제한이 한정되어 있는 불편함이 있다. 따라서 적분구(integrating sphere)내에서의 광 특성을 측정하는 기존의 중앙(center)측정방식으로는 광원과 전원장치간에 거리 변화로 인해 임피던스 불일치(mis-matching)가 발생하여 광 특성의 오차를 가져올 수 있다^[5]. 또한 광 특성을 실험하기 위한 기존의 광원시스템에 대해서는 적분구내의 고정쇠 및 보조램프(auxiliary lamp)를 사용하여야 하는 불편함이 있었다^[4,5].

일반적으로 광원의 광 특성을 측정하기 위한 적분구의 측정방식은 광원의 형태에 의해서 결정되어질 수 있는데 크게 적분구 내부에서 측정하는 방식인 중앙 측정방식과 적분구 외부 측정방식인 옆면(side) 측정방식으로 나눌 수 있다^[4].

중앙 측정방식의 원리는 측정하고자 하는 시료를 적분구내의 중앙에 위치시킨 후, 적분구에 장착되어 있는 검출기(detector)에 의해서 광 특성을 측정하는 방식이다. (그림 1-a) 이 방식은 시료가 적분구안에 위치하므로써 시료를 적분구 중앙에 고정시키기 위한 고정쇠가 별도로 필요하다는 점과 시료의 크기 및 무게가 커질수록 고정쇠의 크기도 증가함으로 시료의 광특성 측정에 영향을 줄 수 있다는 단점이 있다. 하지만 시료의 측정이 표준광원에 대비하여 측정하는 상대 측정방식이므로 매우 정확한 측정값을 가질 수 있는 것이 중앙 측정방식의 장점 중 하나였다.



(a) 중앙 측정방식

(b) 옆면 측정방식

그림 1 적분구에서의 광특성 측정방식

Fig. 1 The measurement methods in the integrating sphere

한편, 옆면 측정방식은 측정하고자 하는 시료를 적분구 밖에 위치시킨 후, 적분구에 장착되어 있는 검출기에 의해서 광 특성을 측정하는 방식이다. 이 방식은 시료를 적분구 밖에 위치하므로써 시료를 적분구내에 고정시키기 위한 고정쇠가 별도로 필요 없다는 잇점이 있어 크기와 무게가 크거나 광원과 전원장치가 일체형인 신광원류의 시료를 측정하는 데 유리하다는 장점이 있다. 또한 적분구 내부에 시료와 고정쇠 장착에 따른 손실분을 보상해 주어야 하는 중앙 측정방식에 비해 적분구내에 장애물이 존재하지 않는 옆면 측정방식은 별도의 보조램프를 장착하지 않아도 되기 때문에 적분구 측정 시스템을 좀더 간략화 시킬 수 있으나 적분구내의 빛을 적절한 방법으로 차폐시켜야 한다는 단점이 있다. (그림 1-b)

본 논문에서는 대형광원인 무전극 광원의 광 특성을 측정하기 위한 방법을 적분구내에서의 중앙과 옆면 측정방식으로 나누어 특수 제작된 동일한 1.5m 적분구와 동일한 광원시료를 가지고 광 특성을 실험하여 비교·분석하였다. 보조램프를 사용하지 않는 옆면 측정방식이 기존의 중앙 측정방식에 비해 광 특성의 차이를 확인할 수가 있었으며, 앞으로 무전극광원에 대해서 광 특성의 표준화 제정에 중요한 자료로 쓰일 수 있을 것으로 사료된다.

2. 광원의 제원과 광특성 실험

2.1 광원의 제원

무전극광원 시스템(55W, 85W)의 광 특성을 측정하기 위해 100시간 에이징한 후, 측정하였으며, 220[V]의 입력 AC전원을 공급받아 2.65[MHz] 2차측 구동전원을 이용하여 실험하였다. 표 1은 무전극광원 시스템 제원을 나타내었다.

[†] 교신저자, 正 會 員 : 韓國照明技術研究所 責任研究員

E-mail : keunhwang@korea.com

^{*} 正 會 員 : 韓國照明技術研究所 研究員

接受日字 : 2005年 10月 5日

最終完了 : 2005年 11月 12日

표 1 광원 시스템 제원

Table 1 Detail specifications of light source

구 분	광속[lm]	광효율[lm/W]	연색성[Ra]	색온도[K]
55W	3,500	64	≥ 80	2,700~4,000
85W	6,000	71	≥ 80	2,700~4,000

2.2 중앙 측정방식에 의한 광 특성

무전극광원(55W, 85W) 시스템의 광 특성을 중앙 측정방식에 의해 측정하기 위해서는 적분구내의 중앙에 램프 시스템을 고정하기 위한 적당한 고정쇠가 필요한데 적분구 중앙에 고정하기 위해서는 다소 어려움이 따른다. 왜냐하면 광원 시스템의 2차측 입피던스 매칭 문제로 인해 광원과 안정기를 동시에 적분구의 중앙에 고정시켜야 하며, 이로 인해 발생하는 측정손실을 보조램프를 사용하여 보상해 주어야만 하기 때문이다. 이러한 광원 시스템을 적분구내의 중앙에 위치시키기 위한 받침대를 광원과 안정기를 동시에 적분구내에 위치시키기 위하여 판형으로 제작하였다. 특히, 램프의 바닥면의 온도가 100℃ 이상의 고온이라는 점을 착안하여 받침대 중앙에 광원 아래로 공기가 순환될 수 있도록 하는 나사 받침대를 제작하였다. 이러한 무전극 광원 시스템의 적분구내 광특성 측정모습을 그림 2에 나타내었다.

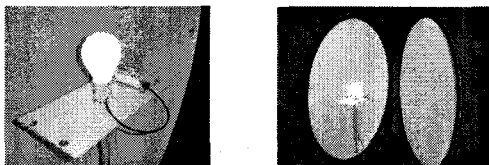


그림 2 중앙 측정방식에 의한 광특성 실험
Fig. 2 The experiment of optic characteristics by center method

2.3 옆면 측정방식에 의한 광 특성

적분구내 광특성의 측정은 표준광원과 대비하여 피측정 시료의 특성을 측정하는 것이므로, 무전극광원 시스템의 광 특성을 옆면 방식에 의해 측정하기 위해서는 옆면 측정방식에 의해서 측정된 표준광원 데이터가 필요하다. 또한 이 방식의 특성상 빛이 적분구 밖으로 새는 것을 최소화시킬 필요가 있으며, 이를 위한 적절한 빛 가림판이 필요하다. 그림 3은 이러한 기능을 수행할 수 있는 빛 가림판과 광원을 적분구에 고정하기 위한 고정장치의 사진을 나타내며, 그림 4는 23W 삼파장 형광램프를 가지고 표준광원의 광특성을 측정하기 위한 실험과 광 특성을 측정하기 위한 장치설정을 나타내었다.

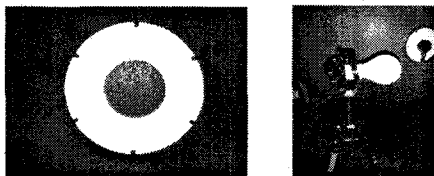


그림 3 빛 가림판과 광원 고정 장치
Fig. 3 Light flange and fixed equipment for light source



그림 4 표준광원과 옆면 측정방식에 의한 광특성 실험
Fig. 4 The experiment of optic characteristics by side method

3. 실험결과

3.1 중앙 측정방식에 의한 광 특성

무전극광원 시스템의 광 특성을 중앙 측정방식에 의해 측정 후, 광원 시스템의 제원과 얼마만큼 일치하는 지에 대한 실험을 진행하였다. 55W의 경우, 측정된 광속은 3,730[lm]으로 시스템 제원에서 제시된 3,500[lm]보다 대략 7[%] 높은 값으로 측정되었으며, 효율은 69.2[lm/W]로서 시스템 제원에서 제시된 64[lm/W]보다 대략 8[%] 높은 값으로 측정되었다. 또한 연색성의 경우 81[Ra]로 측정되었으며, 색온도는 3,459[K]로 측정되어 시스템 제원에 만족하는 것으로 나타났다. 이외 가시광선 영역에서의 분광특성은 그림 5와 같이 전형적인 3파장의 형태를 나타내었다.

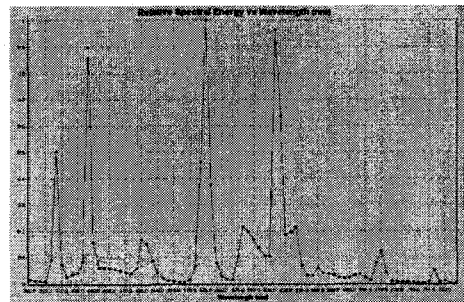


그림 5 광원 시스템(55W)의 중앙 측정방식에 따른 분광특성
Fig. 5 The spectrum curve by center method(55W)

85W의 경우에서는, 측정된 광속은 6,420[lm]으로 시스템 제원에서 제시된 6,000[lm]보다 7[%] 높은 값으로 측정되었으며, 효율은 78.9[lm/W]로서 시스템 제원에서 제시된 71[lm/W]보다 대략 11[%] 높은 값으로 측정되었다. 또한 연색성의 경우 79[Ra]로서 시스템의 제원과 거의 유사하며, 색온도는 3,726[K]로 측정되어 시스템 제원에 만족하는 것으로 나타났으며 분광특성을 그림 6에 나타내었다.

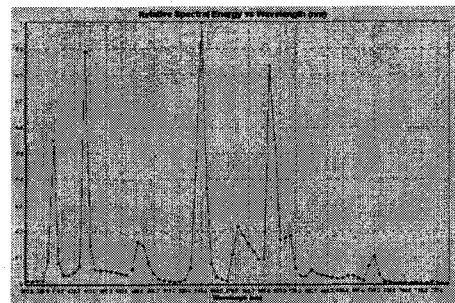


그림 6 광원 시스템(85W)의 중앙 측정방식에 따른 분광특성
Fig. 6 The spectrum curve by center method(85W)

3.2 옆면 측정방식에 의한 광 특성

무전극광원 시스템(55W, 85W)의 광 특성을 옆면 측정방식에 의해 측정한 후, 광원 시스템의 제원과 얼마만큼 일치하는 지에 대한 실험을 진행하였다. 55W의 경우, 측정된 광속은 3,680[lm]으로 시스템 제원에서 제시된 3,500[lm]보다 대략 5[%] 높은 값으로 측정되었으며, 효율은 68.1[lm/W]로서 시스템 제원에서 제시된 64[lm/W]보다 대략 6[%] 높은 값으로 측정되었다. 또한 연색성의 경우 81[Ra]로 측정되어 시스템의 제원에서 제시된 80[Ra]이상의 값으로 측정되었으며, 색온도는 3,848[K]로 측정되어 시스템 제원에 만족하는 것으로 나타났으며

분광특성은 그림 7에 나타내었다.

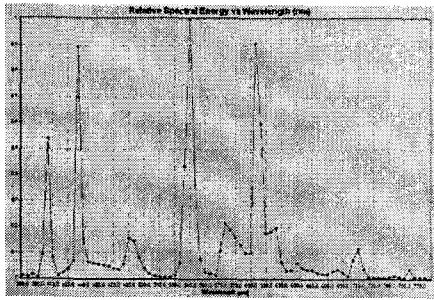


그림 7 광원 시스템(55W)의 옆면 측정방식에 따른 분광특성
Fig. 7 The spectrum curve by side method(55W)

85W의 경우, 측정된 광속은 6,420[lm]으로 시스템 제원에서 제시된 6,000[lm]보다 7[%] 높은 값으로 측정되었으며, 효율은 79.7[lm/W]로서 시스템 제원에서 제시된 71[lm/W]보다 대략 12[%] 높은 값으로 측정되었다. 또한 연색성의 경우 78[Ra]로 측정되어 시스템의 제원과 거의 유사하게 측정되었으며, 색온도는 3,730[K]로 측정되어 시스템 제원에 만족하는 것으로 나타났다. 분광특성을 그림 8에 나타내었고 표 2는 중앙 측정방식과 옆면 측정방식에 의한 광속, 효율, 연색성, 색온도 등의 광학적 특성치를 종합적으로 비교분석한 것이다.

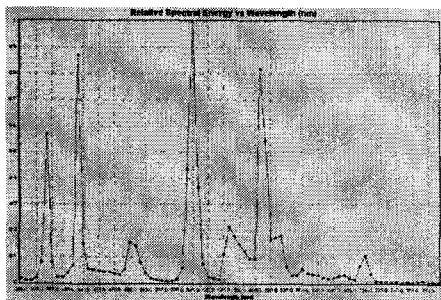


그림 8 광원 시스템(85W)의 옆면 측정방식에 따른 분광특성
Fig. 8 The spectrum-curve by side method(85W)

표 2 중앙 측정방식과 옆면 측정방식에 의한 광특성 결과
Table 2 Optic characteristic results for center and side methods

구 분	광속 [lm]	효율 [lm/W]	연색성 [Ra]	색온도 [K]
55 W				
중앙측정방식	3,730	69.2	81	3,459
옆면측정방식	3,680	68.1	81	3,548
비교치(%)	50(1.34)	1.1(1.6)	-(0)	89(2.5)
85 W				
중앙측정방식	6,420	78.9	79	3,726
옆면측정방식	6,420	79.7	78	3,730
비교치(%)	-(0)	0.8(1.0)	1(1.28)	4(0.1)

4. 결 론

국내 처음으로 무전극광원 시스템(55W, 85W)을 대상으로 적분구의 측정방법에 따른 실험으로 광학적 특성을 비교분석하였다. 광원 55W에서는 광속 1.34%, 효율 1.6%, 색온도 2.5%, 연색성은 동일한 결과를 보였고, 85W에서는 색온도 4, 연색성 1의 차이를 보였으며 광속과 효율은 거의 동일한 실험 결과를 가져왔다. 즉, 중앙 측정방식과 옆면 측정방식에 따른 광 특성의 차이가 없다는 것을 본 실험을

통해서 확인할 수가 있었으며, 다소 비교치가 있는 것은 옆면 측정방식이 시료를 적분구안에 삽입하는 과정에서 빛이 밖으로 새어나오는 손실에 따른 측정오차가 있는 것과, 표준광원을 옆면 측정방식에 의해서 기준을 세운 것이 측정오차를 최대한 줄인 것으로 생각된다. 앞으로 빛 가림판에 의해 빛 손실을 줄임으로서 측정오차를 크게 줄일 것으로 판단된다.

무전극광원 시스템과 같이 적분구 중앙에 취부가 어려운 시료, 광원과 전원장치가 일체형인 신광원류 등에 대해서는 광학적인 특성 측정시에 옆면 측정방식을 적용한다면 시료에 따른 전용 고정판 및 고정쇠 제작에 따른 중앙 측정방식에 비해 측정시간 단축 및 비용절감 등을 이룰 수 있을 것으로 생각되며, 국내외적으로 계속 개발되어가고 있는 신광원 시스템의 광 특성 기술기준에 많은 도움이 될 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] Fred Whitney, "Measurements of Inductively-Coupled RF Fluorescent Lamp lumen properties", IEEE, pp. 1988~2002, 1994.
- [2] Philips QL lamp systems, Product Information, 2001.
- [3] J. R. Coaton and A. M. Marsden, "Lamps and Lighting", Fourth Edition, pp. 216~226, 1997.
- [4] CIE 84. Measurement of luminous flux.
- [5] Shannon L. Storm, Ph.D, "A Guide to Integrating Sphere Radiometry and Photometry", Labsphere, 1989.
- [6] Louis Erhardt, "Radiation, Light, And Illumination", Charles P. Steinmetz, pp.199~221, 1997.
- [7] D. O. Warmby, "Electrodeless lamps for lighting: a review", IEE Proceedings A, Vol 140, No 6, Nov, 1993.
- [8] Stanley Lyons, "Lighting for Industry and Security -A handbook for providers and users of lighting", pp. 93~95, 1992.