

무전극 램프의 광특성 측정방식에 대한 고찰

이세현*, 조미령, 신상욱, 황명근
한국조명기술연구소

The Study of Measurement Method for an electrodeless lamp

Se-Hyun Lee*, Mee-Ryoung Cho, Sang-Wuk Shin, Myung-Keun Hwang
Korea Institute of Lighting Technology

Abstract - In this paper, We have investigated the luminous flux, luminous efficacy, spectral energy distribution, colour rendering index, correlated colour temperature of electrodeless QL lamp system as a center method of measurement and side method of measurement. A result of measurement is that center method of measurement and side method of measurement is almost similar. Therefore, Sample that didn't measured because of big size and heavy weight can be measured by center method of measurement.

1. 서 론

최근 조명기술의 발달과 함께 여러형태의 새로운 신광원들이 개발되고 있으며, 이를 운용하기 위한 시스템들도 다양한 형태로 개발되고 있다. 특히, 장수명, 고효율, 고연색성의 특징을 갖는 무전극 광원기술은 최근들어 크게 부각되고 있는 차세대 광원기술로서, 대표적인 시스템으로 RF로 구동되는 무전극 형광램프를 들 수 있다.

무전극 RF 유도결합방전을 이용하는 무전극 형광램프는 수명이 길어 램프의 교체비용이 절감되고 수은 폐기에 의한 공해문제를 줄일 수 있을 뿐만 아니라, 광출력 입상시간 및 재점등 시간이 빠르다는 특징이 있는 반면, 이를 구현하기 위한 램프 구조의 설계, 유도코일 및 고주파 점등장치, EMI 대책 등의 설계기술이 필요하다. 특히, 시스템내의 유도코일이 효과적으로 동작하기 위한 임피던스 정합문제는 광특성을 측정하기 위한 적분구내에서도 치명적인 시스템 결함으로 이어질 수 있다.

따라서 본 논문에서는 무전극 형광램프의 광특성을 측정하기 위한 방법을 CENTER 방식과 SIDE 방식으로 나누어 두가지 방법을 비교·분석하였으며, 무전극 형광램프 전체를 적분구내에 삽입하여 측정하는 CENTER 방식에 비해서, 보조램프를 사용하지 않는 SIDE 방식이 어느정도의 신뢰성을 갖는지에 대해서 중점적으로 분석하였다. 무전극 형광램프는 아직까지 표준화 정립이 되어 있지 않으므로 본자료는 차후 무전극 형광램프의 표준화 제정에 중요한 자료로 쓰일 수 있을 것으로 사료된다.

2. 본 론

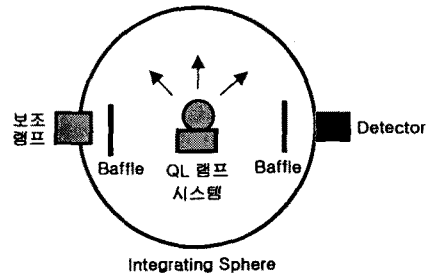
2.1 적분구 측정방식

일반적으로 광원의 광특성을 측정하기 위한 적분구의 측정방식은 광원의 형태에 의해서 결정되어질 수 있으며, 크게 적분구내 측정방식인 Center 방식과 적분구의 측정방식인 Side 방식으로 나눌 수 있다.

2.1.1 Center 측정방식

Center(중앙) 측정방식의 원리는 측정하고자 하는 시료를 적분구 중앙에 위치시킨 후, 적분구에 장착되어 있는 검출기에 의해서 광특성을 측정하는 방식이다. 이 방식은 시료가 적분구안에 위치함으로써 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 Center 측정방식의 장점 중 하나이다.

검출기(detector)와 보조램프가 시료광원에 직접적인 노출이 되지 않도록 하기 위하여 적당한 배플(Baffle)로 차폐시키는 것이 필요한데, 배플의 위치는 적분구 크기의 1/4부터 1/6에 위치시키는 것이 정설로 되어있다. 이러한 Center 측정방식에 대한 원리를 그림 1에 나타내었다.

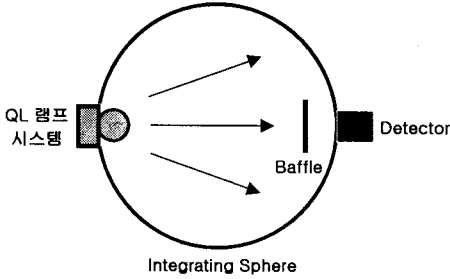


[그림 1] Center 측정방식의 원리

2.1.2 Side 측정방식

Side 측정방식의 원리는 측정하고자 하는 시료를 적분구 밖에 위치시킨 후, 적분구에 장착되어 있는 검출기에 의해서 광특성을 측정하는 방식이다. 이 방식은 시료를 적분구밖에 위치시킴으로써 시료를 적분구안에 고정시키기 위한 고정쇠가 별도로 필요없다는 잇점이 있어 크기와 무게가 크거나 적분구내 중앙에 장착이 곤란한 시료를 측정하는 데 유리하다는 장점이 있다. 또한 적분구안에 시료와 고정쇠장착에 따른 손실분을 보상해 주어야 하는 Center 측정방식에 비해 적분구내에 장애물이 존재하지 않는 Side 측정방식은 별도의 보조램프를 장착하지 않아도 되기 때문에 적분구 측정 시스템을 좀더 간략화시킬 수 있다.

하지만 측정하고자 하는 시료를 적분구 옆면에 위치시키기 위한 받침대가 필요하며, 적분구내의 빛을 적당한 방법으로 차폐시켜야 한다는 단점이 있다. 이러한 Side 측정방식에 대한 원리를 그림 2에 나타내었다.

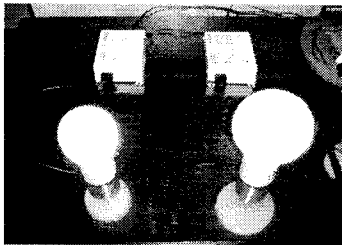


[그림 2] Side 측정방식의 원리

2.3 실험방법 및 장치구성

2.3.1 QL 램프 시스템의 제원 및 에이징

QL 램프 시스템은 220[V]의 입력전원을 공급받아 2.65[MHz] 2차측 구동전원을 이용하여 무전극 램프를 점등시킨다. 이러한 특징에 기인되어 100,000시간 이상의 장수명을 보장하는 QL 램프 시스템은 아직까지 명확하게 제시된 표준화 규격은 전무하며, 타규격에 기준한 전기적 안전인증 및 기타 특성인증만을 확보한 상태이다. 따라서 제품 보편화에 따른 QL 램프 시스템만을 위한 표준화가 이루어지기 위해서는 여러 가지 특성 시험법이 제안되어야만 하는 실정이다. 그림 3은 QL 램프 시스템의 광특성을 측정하기 위한 100시간 에이징의 모습을 보이며, 표 1에 시스템 제원을 나타내었다.



[그림 3] QL 램프 시스템의 100시간 에이징

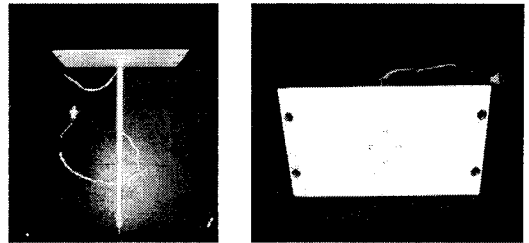
[표 1] QL 램프 시스템 제원

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

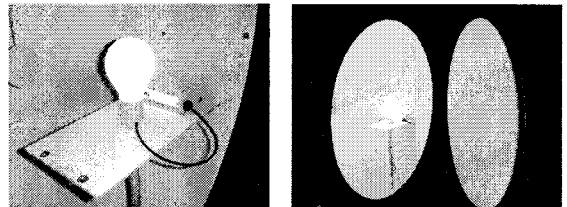
2.3.2 Center 방식에 의한 광특성 측정

무전극 QL 램프(55W, 85W) 시스템의 광특성을 Center 방식에 의해 측정하기 위해서는 적분구내의 중앙에 QL 램프 시스템을 고정하기 위한 적당한 고정쇠가

필요하다. 하지만 QL 램프 시스템을 적분구 중앙에 고정하기 위해서는 다소 어려움 따른다. 왜냐하면 QL 램프 시스템의 2차측 임피던스 매칭 문제로 인해 램프와 안정기를 동시에 적분구의 중앙에 고정시켜야 하며, 이로 인해 발생하는 측정손실을 보조램프를 사용하여 보상해 주어야만 하기 때문이다. 그림 4는 이러한 QL 램프 시스템을 적분구내의 중앙에 위치시키기 위한 받침대를 나타내고 있으며, 램프와 안정기를 동시에 적분구내에 위치시키기 위하여 판형으로 제작하였다. 특히, QL 램프의 바닥면의 온도가 100℃ 이상의 고온이라는 점을 착안하여 받침대 중앙에 램프 아래로 공기가 순환될 수 있도록 하는 나사 받침대를 제작하였다. 이러한 QL 램프 시스템의 적분구내 광특성 측정모습을 그림 5에 나타내었다.



[그림 4] QL 램프 시스템을 적분구 중앙에 위치시키기 위한 받침대



[그림 5] QL 램프 시스템(55W, 85W)의 Center 방식에 의한 광특성 측정모습

2.3.3 Side 방식에 의한 광특성 측정

적분구내 광특성의 측정은 표준광원과 대비하여 피측정 시료의 특성을 측정하는 것이므로, 무전극 QL 램프 시스템의 광특성을 Side 방식에 의해 측정하기 위해서는 Side 방식에 의해서 측정된 표준광원 데이터가 필요하다. 또한 Side 방식의 특성상 빛이 광속구 밖으로 새는 것을 최소화시킬 필요가 있으며, 이를 위한 적당한 빛 가림판이 필요하다. 그림 6은 이러한 기능을 할 수 있는 빛 가림판과 램프를 적분구 중앙에 고정하기 위한 고정장치의 모습을 나타내었다.

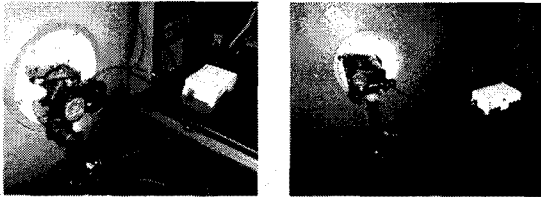
그림 7은 QL 램프 시스템의 광특성을 측정하기 위한 기준을 세우는 실험으로 QL 램프의 파장특성상 23W 삼파장 형광램프를 가지고 실험하였으며, QL 램프 시스템의 광특성 측정모습을 그림 8에 나타내었다.



[그림 6] 빛 가림판과 QL 램프 고정장치



[그림 7] 표준광원을 이용한 광특성 측정



[그림 8] QL 램프 시스템(55W, 85W)의 Side 방식에 의한 광특성 측정모습

2.4 실험결과

2.4.1 Center 방식에 의한 광특성 측정

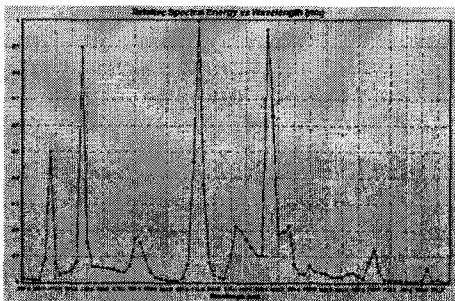
무전극 QL 램프 시스템(55W, 85W)의 광특성을 Center 방식에 의해 측정 후, QL 램프 시스템의 제원과 얼마만큼 일치하는 지에 대한 실험을 진행하였다.

55W의 경우, 측정된 광속은 3,730[lm]으로 시스템 제원에서 제시된 3,500[lm]보다 대략 7[%] 높은 값으로 측정되었으며, 광효율은 69.2[lm/W]로서 시스템 제원에서 제시된 64[lm/W]보다 대략 8[%] 높은 값으로 측정되었다. 또한 연색성의 경우 81[Ra]로 측정되어 시스템의 제원에서 제시된 80[Ra]이상의 값으로 측정되었으며, 색온도는 3459[K]로 측정되어 시스템 제원에 만족하는 것으로 나타났다. 이외에 55W급 QL 램프 시스템이 안정화되기까지는 대략 25분 이상이 소모되는 것으로 측정되었으며, 분광특성은 전형적인 3파장의 형태를 나타내었다.

이러한 측정결과를 표 2에 나타내었으며, 분광특성을 그림 9에 나타내었다.

[표 2] 55W급 QL 램프 시스템의 Center 방식에 의해 측정된 광특성

구분	광속 [lm]	광효율 [lm/W]	연색성 [Ra]	색온도 [K]
QL 55W	3,730	69.2	81	3,459



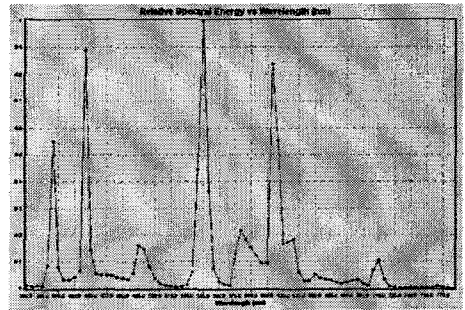
[그림 9] 55W QL 램프 시스템의 Center 측정방식에 따른 분광특성

85W의 경우, 측정된 광속은 6,420[lm]으로 시스템 제원에서 제시된 6,000[lm]보다 7[%] 높은 값으로 측정되었으며, 광효율은 78.9[lm/W]로서 시스템 제원에서 제시된 71[lm/W]보다 대략 11[%] 높은 값으로 측정되었다. 또한 연색성의 경우 79[Ra]로 측정되어 시스템의 제원과 거의 유사하게 측정되었으며, 색온도는 3726[K]로 측정되어 시스템 제원에 만족하는 것으로 나타났다. 이외에 85W급 QL 램프 시스템이 안정화되기까지는 대략 30분 이상이 소모되는 것으로 측정되었으며, 분광특성은 전형적인 3파장의 형태를 나타내었다.

이러한 측정결과를 표 3에 나타내었으며, 분광특성을 그림 10에 나타내었다.

[표 3] 55W급 QL 램프 시스템의 Center 방식에 의해 측정된 광특성

구분	광속 [lm]	광효율 [lm/W]	연색성 [Ra]	색온도 [K]
QL 85W	6,420	78.9	79	3,726



[그림 10] 85W QL 램프 시스템의 Center 측정방식에 따른 분광특성

2.4.2 Side 방식에 의한 광특성 측정

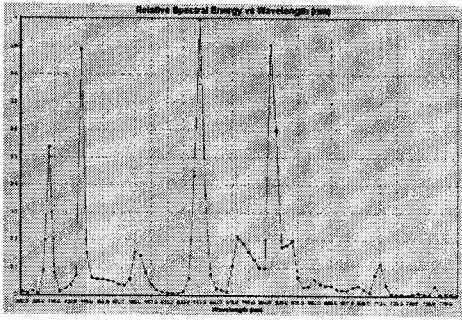
무전극 QL 램프 시스템(55W, 85W)의 광특성을 Side 방식에 의해 측정 후, QL 램프 시스템의 제원과 얼마만큼 일치하는 지에 대한 실험을 진행하였다.

55W의 경우, 측정된 광속은 3,680[lm]으로 시스템 제원에서 제시된 3,500[lm]보다 대략 5[%] 높은 값으로 측정되었으며, 광효율은 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 3548[K]로 측정되어 시스템 제원에 만족하는 것으로 나타났다. 이외에 55W급 QL 램프 시스템이 안정화되기까지는 대략 25분 이상이 소모되는 것으로 측정되었으며, 분광특성은 전형적인 3파장의 형태를 나타내었다.

이러한 측정결과를 표 4에 나타내었으며, 분광특성을 그림 11에 나타내었다.

[표 4] 55W급 QL 램프 시스템의 Side 방식에 의해 측정된 광특성

구분	광속 [lm]	광효율 [lm/W]	연색성 [Ra]	색온도 [K]
QL 55W	3,680	68.1	81	3,548



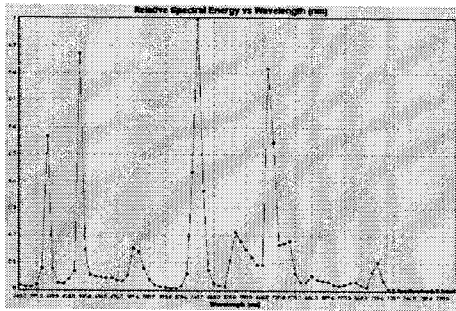
[그림 11] 55W QL 램프 시스템의 Side 측정방식에 따른 분광특성

85W의 경우, 측정된 광속은 6,420[lm]으로 시스템 제원에서 제시된 6,000[lm]보다 7[%] 높은 값으로 측정되었으며, 광효율은 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 3730[K]로 측정되어 시스템 제원에 만족하는 것으로 나타났다. 이외에 85W급 QL 램프 시스템이 안정화되기까지는 대략 30분이상이 소모되는 것으로 측정되었으며, 분광특성은 전형적인 3파장의 형태를 나타내었다.

이러한 측정결과를 표 5에 나타내었으며, 분광특성을 그림 12에 나타내었다.

[표 5] 85W급 QL 램프 시스템의 Side 방식에 의해 측정된 광특성

구 분	광속 [lm]	광효율 [lm/W]	연색성 [Ra]	색온도 [K]
QL 85W	6,420	79.7	78	3,730



[그림 12] 85W QL 램프 시스템의 Side 측정방식에 따른 분광특성

3. 결 론

본 논문에서는 무전극 QL 램프 시스템(55W, 85W)을 대상으로 적분구의 측정방식에 따른 광특성의 차이를 관찰하였다. 측정결과 Center 측정방식과 Side 측정방식에 따른 광특성은 표 6과 같이 거의 유사하게 측정되었다.

이는 측정전 예상했던 결과와 다소 상이한 것으로 Side 측정방식이 시료를 적분구안에 삽입하는 과정에서 빛이 밖으로 새어나오는 손실에 따른 측정오차가 심할것

것으로 예상하였으나, 표준광원을 Side 측정방식에 의해서 기준을 세운 것이 측정오차를 최대한 줄인 것으로 생각된다. 또한 빛 가림판에 의해 상당한 빛 손실을 줄인 것이 측정오차를 줄인 것으로 판단되어진다. 따라서 무전극 QL 램프 시스템과 같이 적분구 중앙에 취부가 어려운 시료나 크기와 무게가 큰 시료 등에 Side 측정방식을 적용한다면 시료에 따른 전용 고정판 및 고정쇠 제작에 따른 Center 방식에 비해 상당한 측정시간 단축 및 비용절감 등을 이룰 수 있을 것으로 생각된다.

[표 6] Center 측정방식과 Side 측정방식에 따른 광특성 비교

구 분		광속 [lm]	광효율 [lm/W]	연색성 [Ra]	색온도 [K]
시스템 제원	55W	3,500	64	≥ 80	2,700~4,000
	85W	6,000	71	≥ 80	2,700~4,000
Center 방식	55W	3,730	69.2	81	3459
	85W	6,420	78.9	79	3726
Side 방식	55W	3,680	68.1	81	3548
	85W	6,420	79.7	78	3730

앞으로 빛 가림판을 가변형으로 제작하여 빛의 손실을 좀더 최소화 시킨다면 좀더 정확한 측정값을 얻을 수 있을 것으로 생각되며, 차후 이 자료는 무전극 QL 램프 시스템의 표준화에 많은 도움이 될 수 있을 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 황명근, "조명공학개론 - 제4장 광원의 광속측정 이론과 방법", 도서출판 성우, pp. 25~41, 2003. 8.
- [2] Shannon L. Storm, Ph.D, "A Guide to Integrating Sphere Radiometry and Photometry", Labsphere, 1989.
- [3] Louis Erhardt, "Radiation, Light, And Illumination", Charles P. Steinmetz, pp.199-221, 1997
- [4] Fred Whitney, "Measurements of Inductively-Coupled RF Fluorescent Lamp lumen properties", IEEE, pp. 1988~2002, 1994
- [5] D.O. Warmby, "Electrodeless lamps for lighting: a review", IEE Proceedings A, Vol 140, No 6, Nov, 1993
- [6] Stanley Lyons, "Lighting for Industry and Security -A handbook for providers and users of lighting", pp. 93~95, 1992
- [7] Philips QL lamp systems, Product Information, 2001
- [8] J. R. Coaton and A. M. Marsden, "Lamps and Lighting", Fourth Edition, pp. 216~226, 1997