2004년도 대한전기학회 전기물성·응용부문회 추계학술대회 논문집 (2004.11.5-11.6)

PLS(Plasma Light System)의 내열방사 특성 연구

신상욱*, 이세현, 조미령, 임종민, 황명근
한국조명기술연구소

Study on the heat-resistance characteristic for PLS(Plasma Light System)

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

Abstract - PLS(Plasma Light System) is one of the electrodeless lamp discharged by micro wave. In this new lamp has high efficacy and CRI(Color Rendering Index). It is mainly composed of microwave part and optical part. Microwave parts consist of magnetron, wave-guide and cavity-mesh, while optical parts consist of bulb, mirror and reflector.

In this paper, we studied experimentally the heat-resistance and temperature distribution characteristics of bulb in PLS.

1. 서 론

WTO체제 출범이후 세계는 하나의 시장으로 형성돼 가고 있으며, 지역경제의 블록화로 세계주의와 지역주의로 변화하는 새로운 패러다임의 무역질서를 보여주고 있다. 이에 따라 메이커들은 생존경쟁에서 살고 세계시장을 공략하기 위해서는 표준화와 규격화는 중요한 현안으로 부상하고 있는 실정이다.

기술선진국들은 무역자유화를 외치면서도 한편으로는 자국산업의 보호를 위해서 각종 표준과 규격을 새로운 무역 장벽으로 활용하는 추세이며 이를 위한 새로운 표준과 규격을 국제규격으로 제정하는 등 주도권 선점을 위한 기술선진국간 경쟁이 치열하게 전개되고 있는 실정이다.

최근 20년간 조명 선진국들의 에너지 절약이란 정책 관점에서 끊임없는 연구를 진행해오고 있으며, 미국의 Fusion lighting, GE lighting 유럽의 Philips, Osram 및 마쯔시다 등에서 이미 상품화를 시작 했거나 준비 중에 있다.

최근 미국, 일본, 독일, 네덜란드를 비롯한 선진국에서는 초고주파 방전에 의한 차세대 첨단 신광원이 활발히 연구 개발되고 있다. 이는 쏟아져 나오는 특허 등록이 이 사실을 잘 증명하고 있다.

이러한 차세대 광원 시스템은 새로운 기술이기 때문에 관련된 대부분의 분야가 새로운 연구를 필요로 하고 있다.

이러한 새로운 광원의 시급한 요구에 의해 출발된 PLS(Plasma Lighting System)은 마그네트론에서 발생된 마이크로파(micro wave)를 도파관(wave-guide)을 통해 직접 bulb에 인가하여 방전시키는 무전극(無電極) 방식의 새로운 광원으로 최근 국내기업인 LG전자(주), 태원전기산업(주) 등에서 상용화를 목적으로 제품개발에 주력하고 있다. 하지만 PLS의 주요 원천 및 요소 기술에 대한 특성 연구가 전무하여 실질적인 제품개발에 어려운 점이 크게 대두되고 있다.

따라서, 본 논문에서는 원천 및 요소기술 확보를 위해 PLS의 수명 및 신뢰성을 좌우하는 중요한 요소인 bulb에 대해 방전 시의 내열 특성을 관찰하였으며, 특히 회전과 비회전 bulb에 대한 내열 특성을 관찰하여 향후 상용화 예정인 비회전 bulb의 내열방사 특성을 비교, 분석하였다.

2. 측정 장비 및 방법

본 측정을 위해 사용된 측정장비는 Sweden Axel-Johnson社의 적외선 열화상 카메라를 이용하였으며, 측정장비는 그림 1에 나타내었다.

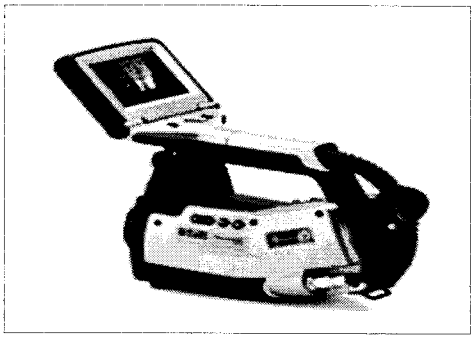


그림 1. 측정장비(모델명 : P-20)

또한, 측정장비의 주요 사양은 표 1에 나타내었다.

표 1. 주요 사양

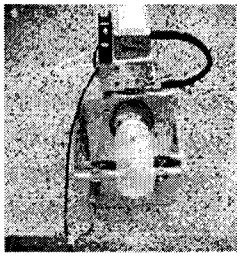
구 분	주요 사양
측정범위(℃)	-20~2,000
분 해 능	30℃ 흑체에서 0.08℃이내
정 확 도	± 2% 이내
촛점조정	자동
사용온도	-15 ~ 50℃

적외선 온도측정의 원리로는 우주에 존재하는 모든 물체들은 모두 절대온도 영도(-273 C) 이상의 온도를 갖고 있으며, 이러한 물체에서는 그 온도에 대응하는 열에너지(적외선)를 방사하고 있다. 1800년에 William Herschell경이 가시스펙트럼의 끝인 파장에서 열 효과가 큰 부분이 있음을 발견하고, 1835년에 A. Amphere가 이것이 가시광선과 같은 광파로 되어 있음을 발표함으로써 현재의 적외선에 대한 기초를 구축하게 되었습니다.

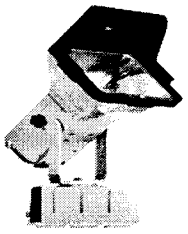
열화상 카메라의 측정원리를 요약하면 다음과 같다.

- Infrared energy는 imager의 광학렌즈를 통과시킨다.
- Energy는 imager의 sensor에 모아진다.
- Sensor는 infrared energy를 electronic signal 변환한다.

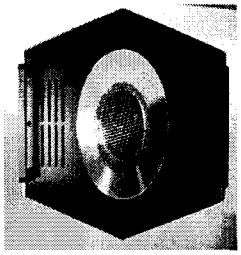
측정 시료로는 Bulb를 회전시키는 900W와 bulb를 회전시키지 않는 1.1kW의 PLS로 구분하여 측정하여 분석하였다. 측정시료의 사진은 그림 2에 나타내었다.



(a)300W(Bulb:회전)



(b)900W(Bulb:회전)



(c)1kW(Bulb:비회전)

그림 2. 측정시료

측정방법은 먼저 주위온도 25℃를 유지하는 항온항습실에서 측정장비와 시료를 고정하여 측정 거리(1.5m)와 방사율을 설정하고 PLS의 방전시킴과 동시에 각각 온도 분포를 이미지로 저장하여 측정하였다. 본 측정을 위해서는 bulb의 정확한 측정을 위해서는 Cavity mesh를 제거하여야 하나, mesh를 제거할 경우 마이크로웨이브의 누설로 인해 인체에 위험이 예상됨으로 제거하지 않고 측정하였으며, 석영의 방사율은 제시된 방사율표에 의해 0.4로 설정하여 측정하였다. 다음은 측정시 주요 재질별 방사율표를 표 2에 나타내었다.

표 2. 재질별 방사율표(Emissivity)

품 명	매끈한 면	거칠은 면	부식된 면
알루미늄	0.04	0.055	0.11~0.19
텅스텐	035~0.4		
구리	0.02	-	0.57
금	0.2~0.4	-	-
철	0.13~0.3	0.25~0.45	0.8~0.95
납	0.06~0.08	-	0.63
니켈	0.04~0.09	-	0.37~0.48
은	0.02~0.4	-	-
주석	0.04~0.07	-	-
아연	0.04~0.05	-	0.11
함석	0.23	-	0.28

3. 결과 및 고찰

3.1 PLS 300 및 900W의 내열 측정 및 분석

최근 개발된 PLS 300 및 900W는 bulb를 회전시키는 선편파 형태로 bulb의 회전에 필요한 motor를 내부에 장착하고 있다. 300W의 주요 특징으로는 점등시간이 매우 짧고(2sec 이내), 소형 콤팩트화 되어 있다. 하지만 현재 최종 제품으로서의 개발이 종료되지 않아서, 본 측정에서는 모듈타입의 제품을 이용하여 측정하였다. 900W의 경우 기존의 트랜스 타입을 개량하여 인버터 타입으로 개량하여 시스템 효율과 신뢰성을 크게 높인 제품이다.

그림 3은 PLS 300W의 bulb의 온도 분포를 측정한 결과를 나타낸 것이다.

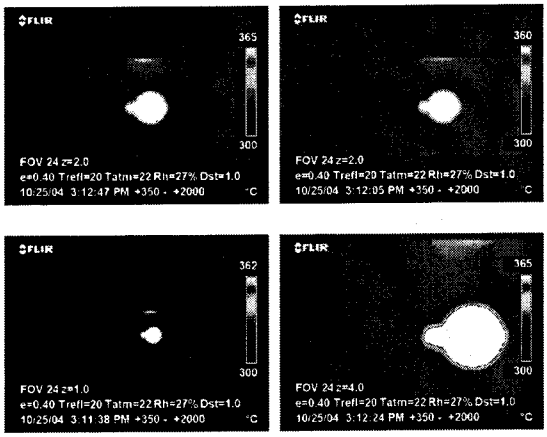


그림 3. PLS 300W bulb의 온도 분포

300W의 측정결과 bulb의 온도는 대략 360℃로 측정되었다. 벌브의 회전수는 대략 3000rpm으로 측정결과 거의 온도분포가 균일하게 측정되었다.

그림 4는 PLS 900W의 bulb의 온도분포 측정 결과를 나타내었다.

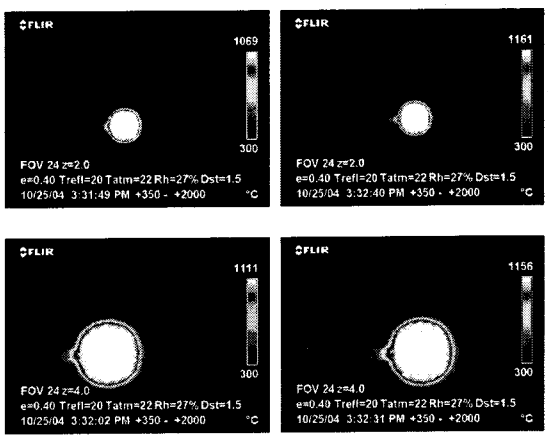


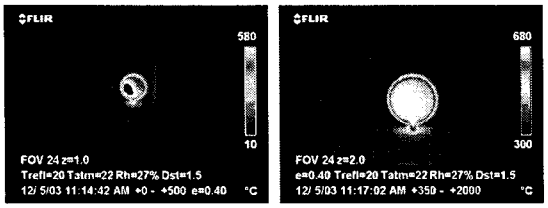
그림 4. PLS 900W bulb의 온도 분포

900W의 측정결과 bulb의 온도는 대략 1100 로 측정되었다. 300W와 유사한 온도분포 특징을 나타내고 있으며, 빠른 회전에 의해 미소한 온도 강하가 있는 것으로 측정되고 있다.

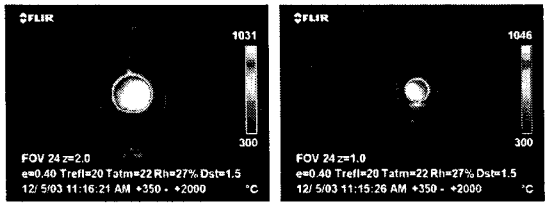
3.2 1kW급 PLS 내열 측정 및 분석

1kW급 PLS의 주요 특징으로는 원편파를 이용하는 Bulb 비회전 방식을 채택하고 있다는 점으로서 기존의 선편파를 사용하므로 motor를 이용하여 bulb를 회전시켜야 파손을 방지할 수 있다. 하지만 원편파를 이용할 경우 적분된 전장이 한 곳에 집중되지 않고 원형 대칭을 이루고 있어 국부적인 가열로 bulb가 파손되는 것을 방지하는 방식을 채택하고 있다.

다음은 방전시의 시스템의 온도를 측정한 결과를 그림 4에 나타내었다.



(a) 초기 방전시



(b) 정상 점등시

그림 5. PLS 1kW Bulb의 온도 분포

1kW급 PLS의 측정결과로는 정상 점등시 bulb 표면의 온도는 1,046 로 측정되었으며, 그림 4의 (a)의 경우 점등 초기에 bulb에 마이크로웨이브가 인가되면 플라즈마 방전에 의해 국부적인 온도상승이 관찰되었고 (b)의 경우도 원편파에 의해 국부적인 온도 상승이 관찰되고 있으나, 이러한 순간적인 국부적 온도 상승은 매우 짧은 회전주기를 가지고 있어 bulb의 파손에 크게 영향이 없는 것으로 사료된다.

4. 결 론

본 논문에서는 각각 300W, 900W 및 1kW급에 대한 PLS의 내열방사 특성에 대해서 측정하고, 분석하여 다음과 같은 결론을 얻게 되었다.

1) Bulb의 표면 온도를 측정한 결과 대략 1,000 로 매우 큰 스트레스로 bulb에 작용하는 것으로 나타났다. 향후 이러한 온도의 스트레스를 방지하기 위해 세라믹 bulb의 사용이 요구될 것으로 예상된다.

2) Bulb를 motor로 회전시키는 선편파의 경우는 빠른 bulb의 회전으로 균일한 온도 분포가 측정되었다.

3) Bulb를 비회전시키는 원편파의 경우에서는 비평형적인 온도 분포가 측정되어 향후 이러한 비평형의 문제점을 해결하여야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구를 위한 산업자원부 주관 "IMT-2000 전통산업의 IT접목기술개발사업"의 지원에 감사드립니다.

[참 고 문 헌]

[1] 이지영외 3인. "Study on temperature distribution around bulb envelope and cavity of high power PLS" 대한전기학회 2004년 하계학술대회 논문집 pp.31-32. 2004. 7

[2] 김진중외 4인, "마이크로파 방전에 의한 광학적 공동안에서 고압 2-원자 황증기의 분광학적 특성연구", 한국광학회 2002년도 하계학술발표회 논문집, pp.114-115, 2002. 7.

[3] Stephan Offermanns, " Resonance Characteristics of a Cavity-Operated Electrodeless High-Pressure Microwave Discharge System", IEEE Trans. Vol38. No.7, 904-911pp. July 1990.

[4] D.O. wharmby, IEE Proceedings-A, Vol. 140, No. 6. November 1993