

## 구형LED등의 열설계에 대한 연구

김해범, 서광혁, 엄춘화

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《나라의 긴장한 전기문제를 해결하며 에너지보장을 경제장성에 확고히 앞세우기 위한 과학기술적대책을 세워야 합니다.》(《조선로동당 제7차대회에서 한 중앙위원회사업총화보고》 단행본 41페이지)

4세대 조명광원인 LED등은 발광효율과 사용수명에서 다른 광원들에 비할바없이 우월하며 환경에 부정적인 영향을 거의 주지 않는것으로 하여 현대조명분야에서 점차 주도적인 자리를 차지하고있다. LED에 의한 조명기술을 개발리용하는것은 자연에너지에너지를 적극 리용하고 생산된 전기를 절약하는데서 중요한 자리를 차지한다.

실내장식과 일반조명령역에서 종전의 백열등을 LED등으로 교체하면서 백열등과 발광특성이 유사한 구형LED등을 개발하기 위한 연구가 심화되고있다.[1, 2]

선행연구들[2-4]에서는 빗세기공간분포와 눈부심의 견지에서 등의 발광부와 랭각체의 기하학적구조설계문제들에 대해서는 구체적으로 취급하였지만 등의 수명에 결정적인 영향을 주는 열관리측면에 대해서는 언급하지 못하고있다. LED조명기술에서 열설계에 대한 문제는 LED소편의 온도와 수명과의 관계로부터 LED소편의 온도가 요구하는 값에서 유지되도록 할수 있는 합리적인 랭각체구조에 대한 설계문제이다.

본문에서는 ANSYS프로그램에 의한 열력학적모의를 통하여 무리등에 리용되는 한가지 구형LED등의 랭각체구조파라미터와 출력에 따르는 랭각체에서의 온도분포특성을 고찰하였다.

### 1. 구형LED등의 등체구조설계와 모형화

구형LED등의 등체구조는 선행연구[1]에서 제기한 구조형태를 취하고 ANSYS프로그램에 의한 열력학적모의에 필요한 구조파라미터들을 정의하였다.

구형LED등의 등체의 형태와 구조설계파라미터는 그림 1과 같다.

구형LED등은 빗세기공간분포특성이 백열등과 거의 일치해야 한다는 요구조건으로부터 그림 1에서  $L_1$ 을 제외한 모든 구조파라미터값들은 선행연구[1]의 결과를 리용하였다.

등체의 발광부면에는 유연PCB회로기판이 접착되고 그우에 LED알이 납땜된다. 이러한 LED접합방식을 반영하는 ANSYS프로그램열력학적모의를 위한 구형LED등의 발광부와 랭각체의 모형화를 진행하였다.

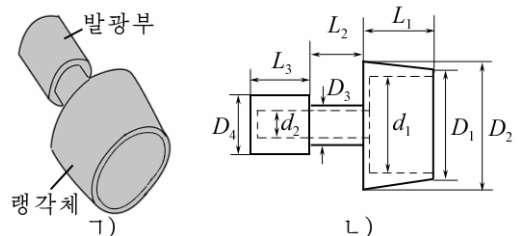


그림 1. 구형LED등의 등체형태(Γ)와 구조설계파라미터(L)

$D_1-D_4, d_1, d_2, L_2, L_3$ 은 각각 27, 30, 10, 15, 28, 8, 15, 15mm임

구형LED등의 발광부의 구조모형과 구조모형에 따르는 매개 부분의 파라미터[3]들은 그림 2, 표 1과 같다.

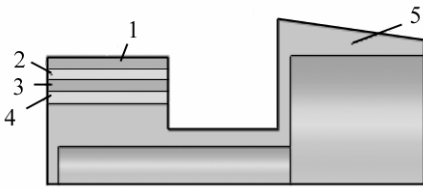


그림 2. 구형LED등발광부의 구조모형  
1—발열층(LED), 2—금속층, 3—절연층,  
4—접착층, 5—랭각체

표 1. 구조모형에 따르는 매개 부분의 파라미터

부분	재료	두께/ $\mu\text{m}$	열전도계수 $/(W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1})$
금속층	Cu	30	383
절연층	PCB	15	3
접착층	열전도성 그리스	20	5
랭각체	Al6063-T5	—	207

## 2. 구조모형에 기초한 열모의와 결과해석

LED모듈(발광소편과 랭각체 등으로 봉합된 단일체)의 랭각체와 LED소편이음부의 온도차가  $18 \sim 21^\circ\text{C}$  정도이고 이음부의 온도가  $85^\circ\text{C}$  일 때 LED모듈의 수명(빛흐름이 초기빛흐름의 70%로 될 때까지의 시간)은 25 000h 정도이다.[4] 이로부터 논문에서는 출력이 주어진 조건에서 구형LED등의 발광부를 포함한 랭각체에서 최고온도가  $65^\circ\text{C}$  (LED모듈랭각체의 온도)를 넘지 않게 하는 구조설계파라미터  $L_1$ 을 결정하였다.

구형LED등의 1/6등체모형을 ANSYS작업창에서 생성하고 발광부에 대해서는 0.5mm, 랭각체에 대해서는 1mm크기의 요소분할을 진행하였다.

ANSYS작업창에서 생성한 등체모형은 그림 3과 같다.

①, ③면에 각각 대류랭각부하와 구형LED등출력에 의하여 환산된 열흐름밀도부하를 주었다. 구형LED등에서 ②, ③면은 유리구속에 잠겨있게 되므로 대류에 의한 랭각작용이 매우 작다고 보고 대류랭각부하를 주지 않았다.

대기온도를  $25^\circ\text{C}$ 로 설정하고 등체의 출력과 랭각체의 길이를 변화시키면서 등체모형에서의 온도분포를 모의하였다.

등체에서 각이한 출력과  $L_1$ 에 따르는 온도분포모의결과는 표 2와 같다.

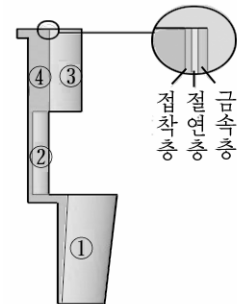


그림 3. ANSYS작업창에서 생성한 등체모형  
①, ②, ③면은 등체의 바깥면, ④면은 1/6자름면

표 2. 등체에서 각이한 출력과  $L_1$ 에 따르는 온도분포모의결과

출력/W	$L_1=20\text{mm}$		$L_1=25\text{mm}$		$L_1=30\text{mm}$		$L_1=35\text{mm}$		$L_1=40\text{mm}$	
	$t_{\text{최소}}/^\circ\text{C}$	$t_{\text{최대}}/^\circ\text{C}$	1	2	1	2	1	2	1	2
1	33	35	31	34	30	33	29	32	29	31
2	41	45	38	42	35	40	34	39	33	38
3	48	55	44	51	41	48	38	45	37	44
4	57	66	50	59	46	55	43	52	41	50
5	65	76	57	68	51	63	47	59	44	56
6	73	86	63	76	56	70	52	66	48	63

$t_{최대}$ ,  $t_{최소}$ 는 각각 LED모듈랭각체의 온도와 구형LED등의 랭각체의 온도이다.

모의결과로부터 얻은 구형LED등의 출력과  $L_1$ 에 따르는 LED모듈온도특성은 그림 4와 같다.

그림 4에서 보는바와 같이 구형LED등의 출력을 4W로 설계하는 경우 랭각체의 길이를 20mm, 5W로 설계하는 경우 랭각체의 길이를 30mm정도로 하면 LED모듈의 온도를 65°C근방에서 보장할수 있다.

구형LED등의 출력을 4W로 설정하였을 때 등체모형에서의 온도분포는 그림 5와 같다.

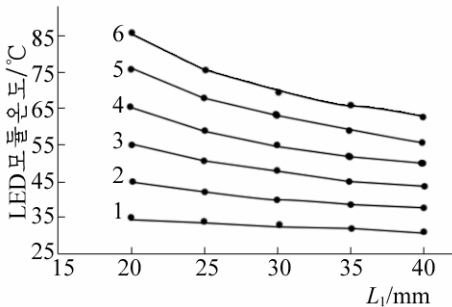


그림 4.  $L_1$ 에 따르는 LED모듈온도특성  
1-6은 구형LED등출력이 1, 2, 3, 4, 5, 6W인 경우

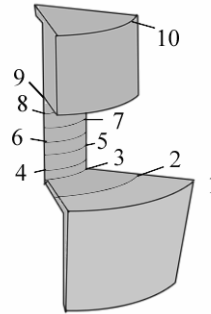


그림 5. 출력 4W일 때 등체모형에서의 온도분포  
1-10에서의 온도는 각각 55.137, 56.067, 56.998, 57.929, 58.859, 59.790, 60.721, 61.651, 62.582, 63.513°C임

### 3. 모의결과의 실험적검증

모의결과에 따라 랭각체의 길이가 각각 20, 30mm인 4W와 5W의 구형LED등견본을 설계제작하고 등체에서 온도분포에 대한 측정실험을 진행한 다음 모의결과와 비교하였다.

5W와 4W의 구형LED등견본사진은 그림 6과 같다.

5W와 4W의 구형LED등견본에 대하여  $-30 \sim 900^\circ\text{C}$ 범위에서  $\pm 0.05^\circ\text{C}$ 의 측정오차를 가지는 원격적외선온도측정기(《FLUKE-572》)를 리용하여 등체의 랭각체온도를 측정하였다.

구형LED등랭각체의 온도측정결과는 표 3과 같다.

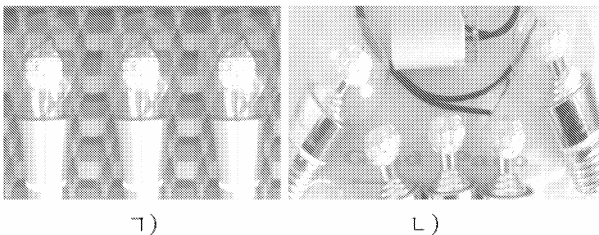


그림 6. 5W(a)와 4W(b)의 구형LED등견본사진

표 3. 구형LED등랭각체의 온도측정결과

출력/W	모의값/°C	측정값/°C	오차/%
4	57.0	58.3	2.3
5	51.0	52.8	3.5

표 3에서 보는바와 같이 측정결과는 2~3%정도의 정확도로 모의결과와 비교적 잘 일치한다. 견본에서 모의결과에 비한 높은 온도특성은 모의과정에서 등의 설치공간과 유리구의 결합상태를 고려하지 않은것과 관련되는것으로 볼수 있다.

## 맺는 말

ANSYS프로그램에 의한 열력학적모의를 통하여 무리등에 리용되는 4W와 5W 구형 LED등에서 LED모듈의 온도를 65℃로 보장할수 있는 랭각체의 최적길이를 결정하였다. 그 값은 각각 20, 30mm이다.

## 참고 문헌

- [1] 서광혁 등; 조선민주주의인민공화국 과학원통보, 4, 33, 주체105(2016).
- [2] M. N. Khan; Applied Optics, 54, 6566, 2015.
- [3] Shuhong Hu et al.; Applied Optics, 51, 5563, 2012.
- [4] Gao Jingquan et al.; ZhaoMing GongCheng XueBao, 21, 81, 2010.

주체106(2017)년 6월 5일 원고접수

## On Thermal Design of Spherical LED-Lamp

*Kim Hae Bom, So Kwang Hyok and Om Chun Hwa*

In 4W and 5W spherical LEDs used in chandeliers, we determined the optimum length of cooling body that could keep up temperature of LED module at 65℃ with 3% error by analyzing thermodynamic simulation through ANSYS program. They are 20mm and 30mm respectively.

Key word: LED