

펄티어 소자를 이용한 40[W]급 LED 조명기구의 방열에 관한 연구

어익수^{1*}, 양해술², 최세일¹, 황보승¹

Research on Heat-Sink of 40Watt LED Lighting using Peltier Module

Ik-Soo Eo^{1*}, Hae-Sool Yang², Se-Il Choi¹ and Seung Hwangbo¹

요약 본 논문은 MCPCB에 다수의 와트급 LED를 모듈화하여 조명기구로 사용함에 따라 발생하는 열을 해결하기 위한 제안이다. LED가 조명기구로 사용된다면 칩의 용량이 커야하며 이 결과 P-N접합부의 열이 증가하게 됨으로 이를 해결하기 위해 펄티어 소자와 방열판 그리고 Fan을 설치하여 온도변화특성을 측정하였다. 또한 부가적으로 냉각소자와 방열판을 접속하는 열전도판, 단열재, Thermal Grease에 따른 온도변화특성을 실험하였다. 그 결과 방열판의 종류 및 체적에 따른 온도 변화가 가장 중요한 요소로 나타났다. Fan의 on, off에 따른 온도변화는 최대 18[°C]의 변화폭을 주었으며 부가적 재료들도 2~3[°C]의 온도변화에 영향을 주어 무시할 수 없는 요소임을 확인하였다.

Abstract The object of this paper is to propose a method to solve resulting heat in using numerous modularized watt-class LEDs in MCPCB as lighting device. To use LED for lighting, the chip needs to have a large capacity, resulting in extra heat in P-N connection area. To solve this problem, a Peltier Module, heat-sink panel and a fan was installed to measure variations in the temperature. Additionally, temperature variation characteristics were observed according to the heat conductor panel connecting cooling module and heat-sink panel, insulator and thermal grease. As a result, the type and amount of heat-sink panel was the most important factor. The fan would effect the temperature by max. 18[°C] while other materials affected the temperature by 2~3[°C], showing significant difference.

Key words : Peltier Module, Heat-sink, P-N junction, Thermal Grease.

1. 서론

반도체 기술의 발전으로 인하여 표시용 소자로 사용되던 LED(Lighting Emitting Diode)가 고 출력화 되면서 조명용으로 활용이 집중되고 있다. 현재 이론적 효율인 200[lm/W]의 중간 단계인 100[lm/W]가 출시되고 있어 일반 광원의 대체 속도가 더욱 가속화 할 것으로 예측한다. 또한 유럽연합 EU(European Union)의 RoHS(Restriction of the use of certain Hazardous Substance)에 저촉되지 않는 친환경 광원으로서의 기폭제 역할을 할 것으로 기대한다[1]. LED는 일반조명에 비해 저 전력, 장수명이며 크기가 작고 가동부분이 없어 진동 및 충격에 강한 특징이 있으며 또한 조명용으로 제작된 것은 자외

선과 적외선이 없는 우수한 가시광선만이 존재한다. 그러나 방출 에너지 분포를 보면 15[%]의 빛과 85[%]의 열로 변환됨으로 열적 문제를 가지고 있다. LED의 열 생성 과정을 보면 LED는 반도체 소자로써 P-N접합으로 제작되고 이 과정에서 빛이 생산되며 그 양이 클수록 고 전류가 필요하며 빛도 많아지게 된다. 그러나 접합부의 온도가 상승하면 허용 전류가 감소하게 되고 광 출력도 감소하게 된다. 부가적으로 접합부의 온도는 주변의 온도, 전류 및 방열기의 구조에 따라 큰 영향을 받는다. 그러므로 주변의 온도와 전류를 줄이는 것이 필요하나 현실적 어려움으로 방열기를 설계하여 접합부의 온도를 낮추는 방법이 필요하다. LED 배치를 위한 기판에는 일반 PCB(Printed Circuit Boards)를 사용하는 방법과 FR-4를 사용하는 방법, 그리고 MCPCB(Metal Core Printed Circuit Boards)를 사용하는 방법이 있으나 방열효과를 얻기 위해서는 MCPCB 방법이 가장 우수하나 이것 역시

¹호남대학교 전기공학과

²호서대학교 컴퓨터응용기술학과

*교신저자: 어익수(iseo@honam.ac.kr)

고출력 LED의 좁은 간격 배치에는 한계가 있어 별도의 냉각장치가 필요하다. 그러므로 본 논문에서는 MCPCB를 사용한 LED 40[W]급 조명기구를 제작하여 펠티어 소자를 사용한 LED조명기구 방열의 온도 특성에 대하여 연구하고자 한다.

2. 열전소자 해석 이론

2.1 열전소자

열전소자에 대한 기본특성은 소자 내에서의 온도분포를 1차원으로 취급하여 고온부(hot side)와 저온부(cold side)의 온도 및 소자의 전류 혹은 전압에 대한 식으로 표현될 수 있으며, 열전소자의 흡열량은 다음과 같이 나타낼 수 있다[2,4].

$$Q_c = a T_c I - \frac{1}{2} I^2 R - C \Delta T \quad (1)$$

여기서,

- Q_c : 열전소자의 흡열량 [W]
- a : Seebeck 계수 [V/°C]
- T_c : 저온부의 온도 [°C]
- C : 열전소자의 컨덕턴스 [W/°C]
- ΔT : 접점의 온도차 [°C]

식 (1)에서 우변의 첫 번째 항은 Peltier 효과에 의한 흡열량, 두 번째 항은 Joule 효과에 의한 발열량, 마지막 항은 고온부에서 저온부로의 전도에 의한 열 전달량을 나타낸다. 한편, 열전소자의 인가전력은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_{in} = (a \Delta T + IR) I = VI \quad (2)$$

여기서, P_{in} 은 열전소자의 인가전력[W]이며 열전소자 양단에 걸리는 전압[V]은 Seebeck 효과에 의한 전압 강하량과 전기저항에 의한 전압 강하량의 합이 된다. 열전소자의 성적계수는 인가전력에 대한 흡열량의 비로 아래와 같이 표현된다[4].

$$COP = \frac{Q_c}{P_{in}} \quad (3)$$

여기서,

- COP : 성적계수

3. 실험장치 및 방법

3.1 실험장치

본 실험을 위하여 구성된 실험장치는 그림 1의 실험기구의 장치도와 같이 펠티어 소자와 열전도판, 단열재, 방열판등의 Heat-sink set와 냉각팬과 펠티어 소자에 전원을 공급하기 위한 직류전원 공급장치 SMPS(Switch Mode Power Supply), LED조명기구의 온도 측정을 위한 DAQ Board(YOKOGAWA MV-100) 및 데이터 수집을 위한 P/C로 구성된다.

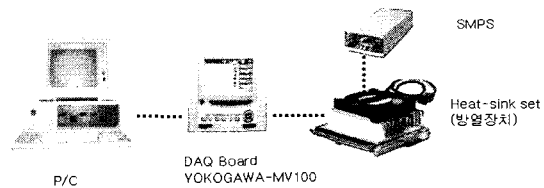


그림 1. 실험기구의 장치도

LED조명기구 방열을 위한 방열장치 및 SMPS는 본 연구를 위하여 개발한 것으로 그 구성요소를 정리한다. 먼저 본 연구에서는 120[°]의 빔각을 갖고, [W]이며 65[lm/w]의 효율을 갖는 제품을 사용하여 LED 40[W] (1W×40개) 조명기구를 방열효과가 우수한 MCPCB에 설치하였다. 그리고 표 1과 같은 특성을 가진 열전소자의 냉각부에 접속된 열전도판과 접착하였으며, 단열재를 부가하여 열전소자와 방열기판을 스크류 나사를 이용하여 부착하였다. 스크류 작업시에는 부착력의 불균등 분배로 인하여 냉각이나 방열효과의 편심이 발생하지 않도록 토 오크 렌치를 이용하여 350[psi]로 네모서리의 힘을 균일하게 조여 주었다. 본 연구에서의 열전소자 부착방법은 스크류 나사를 사용하고 소자와 방열판사이의 열전달을 향상시키고 방열체의 계면층에 형성된 공기층을 메워 방열체의 방열성능을 촉진하여 동작온도를 저감시켜주는 물질로 Thermal Grease를 사용하였다.

표 1. 열전소자의 특성

소자명	최대전류 (A)	최대 온도 (°C)	최대전압 (V)	최대 효율 (W)	치수 (L×W×H)	중량(g)
HM6040	6.0	70	15	51.4	40×40×4.0	23.21

알루미늄 방열판은 발열체로부터 발생하는 열에너지를 흡수하도록 하기위해 최대의 표면적을 갖는 구조가 효과를 최대로 할 수 있다. 또한 방열판의 두께, 핀 길이

를 길게 함이 효율을 더욱 높일 수 있게 된다. 베이스 두께가 너무 얇으면 발열체의 에너지가 충분히 흡수하지 못하게 되고, 핀 상호간의 배열이 너무 조밀하면 핀 상호간의 열 간섭으로 인하여 열정체가 발생되어 충분한 열 효율을 올리지 못해 접합부의 온도를 낮추어 주지 못하게 되며, 또한 핀 길이가 길면 표면적이 넓어져 좋은 반면에 가공성이 어려워 재료의 손실이 발생한다. 따라서 방열판에서 발열체로부터의 열을 흡수하는 방열효율이 저하되기 때문에 온도에 의해 그 성능이 크게 좌우되는 발열체의 접합부 온도를 크게 낮추지 못함으로써 발열체의 성능을 저하시키는 요인이 되고 방열판의 신뢰를 떨어트리는 문제가 발생한다. 그러므로 방열판 선정시는 방열판의 베이스 두께를 방열효율 대비 적정재료 사용량 기준으로 선정하고, 핀 상호간의 열간섭을 최소화시켜 주기 위한 핀 배열비, 즉 핀간 거리와 핀 두께를 고려하여 선정하며, 또한 핀의 표면적과 가공성을 고려한 핀 높이와 핀간 거리를 설정하여 발열체로부터 발생되는 열에너지로부터 열전달 거리를 최소화 시켜줌으로써 온도에 의해 발열체의 성능이 좌우되는 기기에서 방열판과의 접합부 온도를 낮추어 전기적 구성요소로서의 신뢰성을 확보할 수 있다[3]. 종류로는 사출성형 제품과 알루미늄 핀 접착식이 있는데 사출성형 알루미늄 방열판은 간단한 모양과 저효율의 열 발산에 필요한 단순구조에 널리 쓰이며, 핀 접착식은 일정한 넓이의 얇은 알루미늄판을 적정길이 및 높이로 절단하여 알루미늄 모재의 가공을 통해 얻어진 접착부위에 심은 구조이다. 가격은 사출성형 제품에 비해 조금 비싸지만 방열 효과는 매우 뛰어나다. 본 실험에서는 크기가 190[W]×130[D]×30[H]인 사출성형 방열기를 사용한다.

3.2 실험방법

실험 조건으로 LED Lamp를 외함 없이 제작하고 측정 온도를 26[°C]의 실내에서 측정한다. 우선 열전소자의 HM6040의 시간대 온도별 냉온 특성을 토대로 MCPCB에 설치된 40[W] LED Lamp의 온도특성(방열장치 제외)을 측정한다. 그리고 LED 40[W] 조명을 off 상태에서 냉각장치를 부착하여 Fan을 on, off시 온도특성의 변화 특성을 실험한다.

다음은 LED 40[W]조명기구에 전원공급과 동시에 방열장치와 Fan에 전원을 공급하여 Fan의 on, off에 따른 온도 특성을 측정하며, LED조명기구의 파손 온도를 80 [°C] {LED Lamp의 온도+주변온도(Housing 설치시 밀폐 온도)}로 규정하여 가능여부를 판단한다. 또한 방열기에 따른 온도 변화와 Thermal Grease에 의한 온도 변화특성을 고려하여 LED조명기구의 발열이 얼마나 감소할 수

있는지에 대하여 세밀하게 연구하며 LED 용량과 배열에 따라 열량의 변화를 예측할 수 있도록 실험한다.

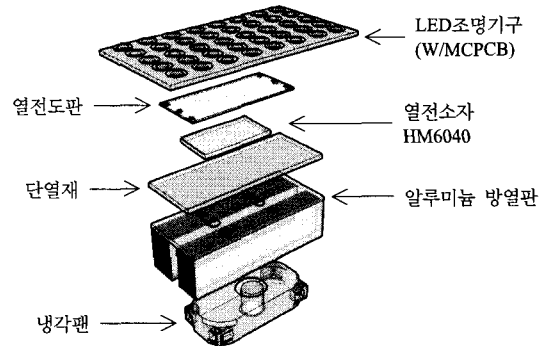


그림 2. 실험장치의 상세도

4. 실험결과 및 고찰

4.1 LED Lamp(방열장치 미 부착) 및 방열장치(LED Lamp off) Fan의 on, off에 따른 온도특성

그림 3은 방열장치를 부착하지 않은 상태에서 MCPCB에 설치된 40[W]급 LED Lamp를 점등하였을 때의 온도특성을 나타낸 것이다. 전원은 DC24[V]-0.6[A]를 인가하였으며 60분 동안 초, 분단위로 측정된 결과 최초 22[°C]에서 최대 54[°C]까지 상승하는 것으로 조사되었다. 0~5분 사이 34[°C]까지 급속한 온도증가를 보이고 있지만 그 이후는 점진적으로 상승하는 것을 알 수 있었다.

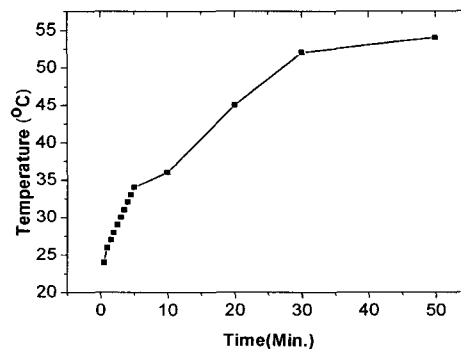


그림 3. MCPCB에 설치된 40[W]급 LED Lamp의 온도특성(방열장치 제외)

그림 4는 LED Lamp off 상태에서 방열장치를 가동하고 Fan을 on, off 하였을 때 LED 조명기구의 온도를 측정

한 것으로서 측정시작에서 70[sec]까지는 온도변화가 미미하지만 그 이후 점진적인 차이를 나타내어 140[sec] 후에는 Fan on시 -12[°C], Fan off시 -7[°C]로 측정되어 약 -5[°C]의 온도 차이를 보여주고 있다. 이것은 LED Lamp를 off 하였을 때는 Fan on, off에 따른 온도의 상승이 크지 않음을 의미한다.

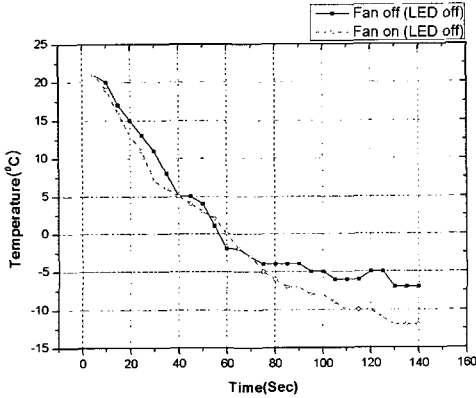


그림 4. Fan on, off상태의 온도특성(LED Lamp off)

4.2 LED Lamp와 방열장치를 부착하고 Fan을 on, off하였을 때의 온도 특성

그림 5는 LED Lamp를 on하고 방열장치를 가동하여 Fan을 on, off하였을 때의 온도특성을 나타내고 있다. 실험시작은 26[°C]에서 출발하여 Fan의 on, off에 따라 그 차이가 벌어져 10분후에는 18[°C]의 온도 차이가 생김을 알 수 있다. 이 과정에서 우리는 LED Lamp의 발열온도가 높아짐에 따라 Fan의 역할이 중요함을 알 수 있으며 펠티어 소자를 이용한 냉각방식이 40[W]급에는 충분한 냉각효과를 수행할 수 있음을 검증할 수 있었다. 그림 6은 최종적으로 구성된 작품의 완성도이다.

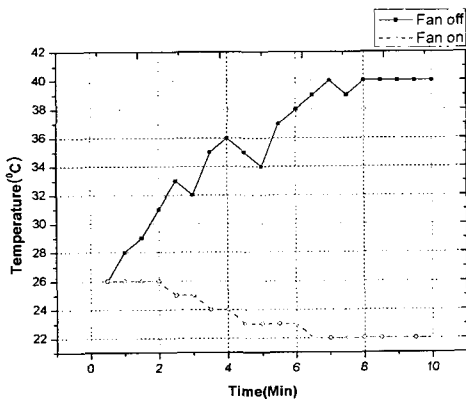


그림 5. Fan on, off 상태의 온도특성(LED Lamp on)

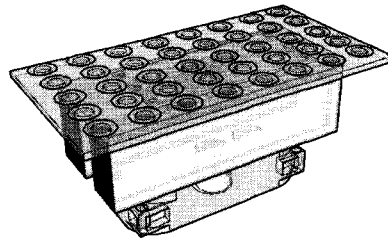


그림 6. 최종 완성 작품

5. 결론

본 연구의 실험에서와 같이 냉각소자 HM6040과 알루미늄 방열판 190[W]×130[D]×30[H]방열판, 냉각Fan, 열전도판을 사용하고 전원장치는 DC24[V]-0.6[A]를 공급한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) Fan의 on, off에 따른 온도변화는 LED Lamp를 off 하였을 경우 -5[°C]차이로 그 효과가 미미하였으나 LED Lamp를 on한 상태에서는 최종적으로 18[°C]의 온도 차이를 나타내 펠티어 소자의 방열효과가 만족한 것으로 판단되었다.
- 2) 열전소자 부착시 스크류 나사의 사용과 소자와 방열판사이의 열전달을 향상시키기 위한 Thermal Grease의 효과로 10분후 약 3[°C]정도 더 낮아져 열전달 효과가 우수함을 입증할 수 있었다.
- 3) 부가적으로 열전소자 및 Fan에 충분한 전원을 공급하기 위한 SMPS도 중요 요소임을 실험과정에서 알 수 있었다.

본 실험에서는 LED Lamp의 크기는 340[W]×130[D]이며 LED의 배치 간격을 42.5×26으로 제작하였으나 금후 LED Lamp의 용량 증가와 배치 간격이 좁아질 경우에는 냉각소자와 방열판의 설계가 가장 중요한 요소로 이에 대한 연구가 지속되어야 할 것이다. 개선사항으로는 냉각소자의 성능향상을 위한 소재개선과 전원장치의 개발, 표면적이 크고 열전도가 좋은 Heat-sink의 복합적 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] 장우진, “고효율 조명기술”, 아진출판사, pp. 4~174, 2006.
- [2] S. Y. Yoo, "A Study on the Performance of Thermoelectric

Module and Thermoelectric Cooling System", The Society Of Air-Conditioning And Refrigerating Engineers Of Korea, Vol. 16, No. 1, pp. 62~69, 2004.

- [3] D. R. Lee, "Investigation of the Optimal Cooling Performance using Peltier Module and Heat Sink", Korea Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 10, No. 4, pp. 65~70, 2006.
- [4] Y. C. Kim, "Experimental Study on Ultrasonic Spray Cooling of Finned Heat pipe Heat Sink", Engineering Research & Technology, Vol. 3, pp. 151~156, 2003.
- [5] S. J. Kim, "A Study on the Heat Transfer of the Heat Pipe Heat Sink", Taejon National University of Technology, 1998.

어 익 수(Ik-Soo Eo)

[정회원]



- 1986년 2월 : 서울산업대학교 전기공학과(공학사)
- 1996년 2월 : 한양대학교 전기공학과(공학석사)
- 2001년 2월 : 전남대학교 전기공학과(박사수료)
- 1995년 5월 : 건축전기기술사, 전기안전기술사

- 1998년 2월 ~ 현재 : 호남대학교 전기공학과 부교수

<관심분야>
전기설비, LED조명 설계, Heat-sink.

양 해 슬(Hae-Sool Yang)

[정회원]



- 1975년 2월 : 홍익대학교 전기공학과(공학사)
- 1978년 2월 : 성균관대학교 정보처리학과(공학석사)
- 1991년 2월 : 오사카대학교(일) 정보공학과 소프트웨어(공학박사)
- 1999년 2월 ~ 현재 : 호서대학교 컴퓨터응용기술학과 교수

<관심분야>
소프트웨어공학(OOA/OOD/OOP, CASE, SI)

최세일(Se-ill Choi)

[정회원]



- 1984년 2월 : 한양대학교 전자공학과(공학사)
- 1989년 4월 : 플로리다공대 전산학과(공학석사)
- 2002년 2월 : 모나쉬대학교(호) 전산학과(공학박사)
- 1993년 2월 ~ 현재 : 호남대학교 컴퓨터공학과 부교수

- 1992년 8월 : 정보처리기술사
- 1984년 1월 ~ 1989년 8월 : LG전자
- 1990년 2월 ~ 1993년 2월 : 삼성전자

<관심분야>
소프트웨어공학, 소프트웨어프로세스, 전자상거래, 시스템통합

황 보 승(Seung Hwangbo)

[정회원]



- 1987년 2월 : 서울대학교 전기공학과(공학사)
- 1989년 2월 : 서울대학교 전기공학과 (공학석사)
- 1998년 2월 : 서울대학교 전기공학과(공학박사)
- 1989년 ~ 1991년 : LG전선(주) 전력케이블연구실 연구원

- 1998년 2월 ~ 현재 : 호남대학교 광전자공학과 부교수

<관심분야>
고전압방전, LabVIEW, 광계측