

열전소자를 이용한 발광다이오드의 발열 온도 제어

한상호 · 김윤중 · 김정현 · 김동준 · 정종윤 · 김성인 · 조광섭*

광운대학교 전자물리학과, 서울 139-701

(2011년 5월 9일 받음, 2011년 6월 24일 수정, 2011년 7월 4일 확정)

열전소자를 사용하여 발광다이오드의 방열효과를 조사하였다. 열전소자의 냉각기능인 펠티에 효과(Peltier effect)를 이용하여, 고전력 발광다이오드의 방열과 p-n접합부의 온도를 제어하였다. 정격전류(350 mA)에 대한 고전력(1 W급) 발광다이오드(Light Emitting Diodes: LEDs)의 온도와 p-n접합부 온도는 각각 64.5°C와 79.1°C이다. 열전소자의 입력 전력 0.1~0.2 W에 대하여, LED의 온도와 접합부 온도는 각각 54.2°C와 68.9°C로 낮아진다. 열전소자에 입력 전력을 0.2 W 이상으로 증가할수록, LED의 온도와 접합부의 온도가 상승한다. 이는 열전소자에 의하여 흡수된 열이 LED로 역류하기 때문이다. 따라서 열전소자의 냉각기능을 유지하기 위해서는 열의 역류를 제어하여야 하며, 열의 역류는 LED의 온도와 방열장치의 온도 차가 클수록 커진다.

주제어 : 펠티에(Peltier) 효과, 열전소자, 발광다이오드, 발열, 접합부 온도

I. 서 론

발광다이오드(Light Emitting Diodes: LEDs)를 사용한 조명 제품들은 급변하는 시장요구에 따라 여러 용도에 맞게 다양한 형태의 제품이 개발되고 있으며, 일반적으로 사용되는 등 기구에 비해 10배 이상의 수명과 광 효율을 요구하고 있다 [1,2]. 이와 같이 장수명과 고효율을 얻기 위해서는 발광다이오드 칩 구조 등의 성능 향상 뿐만 아니라, LED 칩(Chip)에서 발생하는 고열을 제거하는 방열 기술을 필요로 하고 있다 [3]. LED에서 발생하는 고열은 LED와 결합하여 제작되는 보조 기구물의 변색 및 파손을 유발한다. 그리고 이러한 고열은 LED 패키지의 내장 구성품인 다이오드 칩의 파손과 와이어 결손 등을 초래한다. 이로 인하여 제품의 수명을 단축시키는 신뢰성 문제를 야기한다 [4].

이러한 고열로 인한 문제점 발생의 해결 방안으로는 방열구조물(Heat-sink)을 이용한 공랭식 방식을 주로 이용하고 있다. 이러한 공랭식 냉각 방법은 수랭식 방식보다 냉각 효율이 좋지 않지만 저렴한 비용 및 제품 구성이 용이하여 선호되고 있다. 일부 높은 냉각 효율을 필요로 하는 분야에서 수냉식 방식을 사용하고 있다 [5]. 이에 LED 조명에서 유용한 활용을 위해서 방열 구조 및 효율 등을 개선하

기 위한 새로운 접근이 요구되고 있다.

본 연구는 열전소자(Thermoelectric device: TED)를 LED 방열 시스템에 적용하여 LED 패키지의 온도를 안정적으로 유지, 제어할 수 있는 방법을 찾고자 한다. 즉 LED 패키지에서 발생하는 고열을 열전소자의 펠티에(Peltier) 효과를 이용하여 LED 패키지의 온도를 강하시킴으로써 LED 칩의 p-n접합부 온도(Junction temperature)를 안정적으로 유지되도록 한다.

열전소자는 열에너지와 전기에너지의 상호변환 현상으로 제벡(Seebeck) 효과, 펠티에(Peltier) 효과 및 톰슨(Thomson) 효과로 구분되어 진다 [6,7]. 이들은 서로 가역적인 관계로 냉각소자로서는 펠티에 효과, 발전소자로서는 제벡 효과를 이용한다. 열전 냉각소자용 펠티에 소자는 다수의 P형과 N형 열전요소(Thermoelectric element)를 연결한 모듈의 형태이며, 전기적으로는 열전요소들을 직렬 결합하고, 열적으로는 병렬이 되도록 구성하여 사용되고 있다 [8,9]. 열전 모듈은 냉각 장치와 같이 작용하므로, 펠티에 소자에 전류가 흐르면 한쪽 면에서 열을 흡수하여 다른 한쪽으로 열을 방출하는 작동한다. 이러한 현상은 1900년 초부터 연구하기 시작하였으며, 현재 약 10% 이상의 변환 효율을 얻을 수 있는 상태까지 발전하였다 [10]. 본 연구

* [전자우편] gscho@kw.ac.kr

에서는, 펠티에 효과를 이용한 열전소자를 방열 장치로 사용하여 1 W급의 고전력(High Power) LED의 입력 전류별 온도 특성 변화 및 열전소자에 공급되는 전력(Power)에 따른 고전력용 LED의 p-n접합부 온도의 경향을 분석한다.

본 논문의 구성은 열전소자의 기본구조 및 구동원리를 설명하고, 펠티에 효과를 이용한 흡열 원리를 소개한다. 또한 LED 접합온도를 구하는 열저항법에 대한 관계식을 소개한다. 실험 방법에서는 소자에 대한 특성을 정의하고, 측정 장치를 소개한다. 이 장치를 통하여 LED의 입력 전류별 접합온도에 대한 측정 및 열전소자의 구동과 비 구동에 대한 실험을 통한 LED의 온도 및 접합온도의 경향을 분석한다.

II. 열전소자의 LED 방열 작용

펠티에 소자는 Fig. 1과 같이 P형과 N형의 열전반도체, 상하부의 전기 절연체용 세라믹 판과 열전반도체 간 전기적으로 직렬연결을 위한 상호접속체로 이루어져 있다. N형 반도체에서의 캐리어(Carrier)는 다량의 전자(Electron)이며, P형 반도체에서의 캐리어는 다량의 정공(Hole)이다. 전기적으로 직렬연결을 이루고 있으므로 P형 반도체로부터 N형의 반도체로 전자가 이동할 때, 전자는 저온 A측에서 열에너지를 흡수하여 고준위 에너지 상태가 된다. 이러한 전자가 P형 반도체로 이동할 때 고온 B측으로 열에너지를 방출하게 된다. 펠티에 소자는 전체적으로 상부 A측의 열을 하부 B측으로 이동하여 방열하게 하는 P형과 N형의 열적 병렬 구조로 이루어져 있는 것이다 [11,12].

펠티에 효과의 열전소자는 흡열 또는 발열(Q)이 인가전류(I)에 비례하는 $Q = \pi I$ 관계로 주어진다. 여기서 비례 상

수를 펠티에 계수(π)라고 하며, $\pi = \pm (\epsilon_c - \epsilon_F + 2\kappa_B T) / q$ 로 나타낸다. 펠티에 계수(π)는 금속 반도체 접합부에서의 냉각 또는 가열에 대한 당량 전압에 해당한다. 부호 ±는 전류의 방향에 따라 결정된다. 여기서 q는 전하량(electron charge), ϵ_c 는 전도대(conduction band), ϵ_F 는 페르미 준위(Fermi level), κ_B 는 볼츠만 상수(Boltzmann's constant)이다. 앞에서 Q는 열전소자의 접촉 면적을 통하여 흐르는 에너지 흡수율을 말한다.

펠티에 계수는 가열에 의한 열기전력 발생을 상쇄하는 방향으로 작용하여 제백(seebeck) 효과와는 가역적이다. 따라서 두 효과에 사이에는 제백 계수와 다음의 관계인 $\pi = \alpha T$ 으로 주어진다. 여기서 $\alpha [V/K]$ 는 제백 계수이며, T는 양단간의 온도이다.

Fig. 2는 펠티에 소자의 내부 구조를 3차원으로 도식화하였다. 일반적으로 P형과 N형 열전반도체를 기본구성요소로 하고 있으며 복수개의 열전반도체를 전기적으로 직렬 연결하여 구성된다. 또한 열전도특성 및 전기 절연특성이 높은 세라믹 소재를 사용하여 복수개의 열전소자 상하부에 접합시켜 흡열과 발열을 용이하게 한다.

LED 칩(Chip)의 p-n접합부분에서 생성되는 열은 외부로 쉽게 전달되지 않는다. LED 소자의 p-n접합부에서 생성된 열에 의하여 접합부 온도(Junction Temperature, T_j)가 주어진다. 접합부 온도 상승 시 칩 내부에서는 비발광 상태로 재결합이 이루어져서 신뢰성과 내구성에 큰 영향을 미치기 때문에 LED-칩의 온도를 정확하게 예측하는 다양한 방법이 제시되어 있다. 본 실험에서는 온도 상승과 소비 전력의 비를 나타내는 열저항(R_{th})을 이용하여 접합부 온도를 추정하는 열저항법이 사용되었다.

열저항(R_{th})은 LED 패키지 전극부와 접합부 사이의 열저항 값을 나타내며

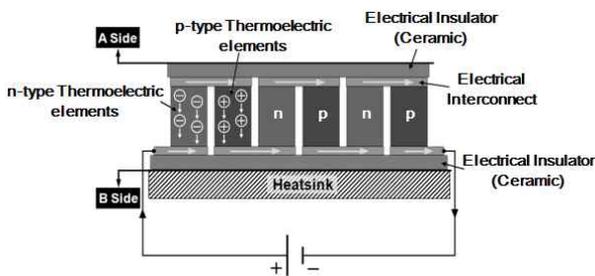


Figure 1. Operation method of thermoelectric device as heat pump.

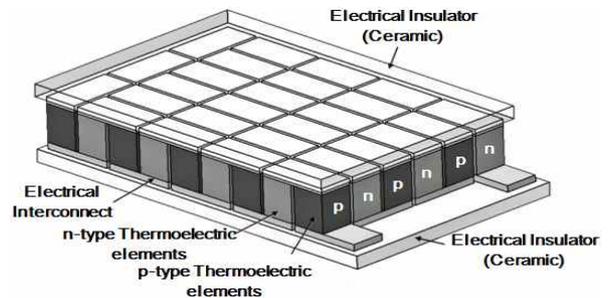


Figure 2. Thermoelectric device structure.

$$R_{th} = \frac{T_J - T_{lead}}{P} \quad (1)$$

로 표현 된다. P 는 Power(W)이며, T_{lead} 는 LED 패키지 전극부의 온도를 나타낸다.

식 (1)에서 접합부 온도(T_J)는 다음과 같이 나타낸다.

$$T_J = R_{th} \times P + T_{lead} \quad (2)$$

III. 실험 방법

본 실험은 열전소자를 방열 시스템에 적용하여 LED 패키지의 온도를 강하시키고자 한다. 이는 LED 칩의 접합온도를 입력 전류별 온도를 측정하여 안정적으로 구동이 가능한지를 알아본다.

실험의 구성 소자들은 Fig. 3과 같이 1 W급 LED 패키지(순방향 전압=3.5 V, 순방향 전류=350 mA)와 LED에서 발생하는 고열을 흡열하는 히터 펌프로써의 열전소자(TED)를 부착하고, 원활하게 열을 발산하기 위한 방열구조물(Heat-sink)로 이루어져 있다. 각 소자간의 접촉면은 열전도를 최적화하기 위해서 소량의 열전도성 페이스트로 충

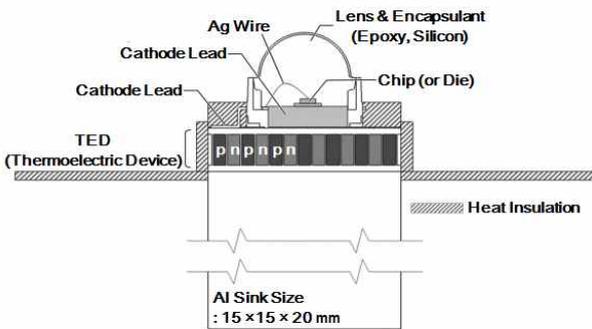


Figure 3. LED package with TED module.

진한다. 각 소자들의 사양을 Table 1에 나타내었다. 열전소자는 최대전달열량은 7.2 W이다. 이 전달열량은 고열부와 저열부 간의 온도차가 최소 71°C 이상에서 그 효율이 최대가 된다. 1 W급 LED는 단일 칩의 고효율 녹색 LED이며, 순방향 전압과 전류는 각각 3.5±0.5 V, 350 mA이다. 각 소자들의 크기는 접촉면을 기준으로 LED 패키지는 9×9 (mm²)이다. 열전소자는 15×15 (mm²)이다. 본 실험에서 사용한 방열구조물(Heat-sink)은 15×15×20 (mm³) 크기의 알루미늄 구조물을 제작하였다. 알루미늄 구조물의 크기는 1 W급 LED 패키지의 구동 시에 발생하는 열과 열전소자의 구동에서 발생하는 열을 고려하였다. 방열구조물에서 배출되어지는 열이 구성 소자들로의 영향을 차단하기 위하여 단열체(Heat insulator)를 열전소자와 LED 패키지 주위에 설치하였다. LED의 구동 전류는 정격전류의 50%인 175 mA, 정격전류 350 mA, 정격전류의 150%인 525 mA 3단계로 나누어 실험하였다. 열전소자 구동 전력은 최

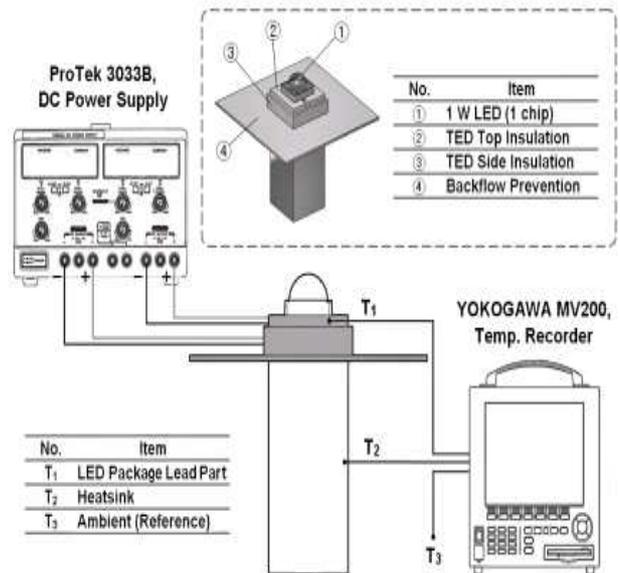


Figure 4. The schematics of measurement system.

Table 1. Specification of devices (TED, LED, and Al heat-sink).

열전소자(TED)					
V_{max} (V)	I_{max} (A)	ΔT_{max} (°C)	Q_{cmax} (W)	Dimension (mm)	Resistance (Ω)
3.5	3.3	71	7.2	15×15×3.8	0.9
발광다이오드(LED)					알루미늄 방열구조물
Color	Size (mm)	V_F (V)	I_F (mA)	Chip QTY.	Size (mm, 가로×세로×높이)
Green	9×9	3.0~4.0	350	1 chip	15×15×20

소 0.1 W에서 최대 1 W를 인가하였다.

Fig. 4와 같이 온도 측정은 LED 패키지의 전극부(T_1), 알루미늄 방열판(T_2), 그리고 주위 온도(T_3)로 총 3지점의 온도를 측정한다. 실험 순서는 (i) LED를 구동하지 않는 상태에서 열전소자의 입력 전력에 따른 온도 변화를 측정하고, (ii) LED를 구동하여 LED 패키지의 온도 변화를 측정한다. 각 구성 소자의 전원 공급 장치는 2 Channel DC 전원 공급기 프로텍(ProTek) 3033의 정전류 모드를 사용하였다. 각 소자의 온도는 T형 열전대를 사용하고, 측정된 온도는 요코가와(YOKOGAWA) MV200을 통하여 2초 간격으로 기록한다. 온도 측정은 주위의 실내 온도가 25.0°C를 유지 할 수 있도록 외부와 차단된 환경에서 실험이 진행되었다. 일정 시간동안 온도 변화가 0.3°C 이내일 경우에 온도가 안정된 것으로 판단하여 기록을 종료하였다.

IV. 결과 및 논의

첫 번째 실험인 열전소자(TED)를 제거한 상태에서 LED의 구동에 따른 LED의 온도(T_1) 변화를 조사하여 LED의 접합부 온도(T_j)의 변화를 알아본다. 두 번째의 실험은 LED 제거하고 열전소자의 구동 전력별 동작에 따른 저온부의 온도와 방열구조물(Heat-sink)의 온도들의 변화를 조사한다. 최종적으로 LED와 열전소자를 동시에 동작하여 LED의 온도 및 접합부 온도 변화를 조사한다.

실험 순서에 따라서 열전소자를 제거하고 LED를 구동하

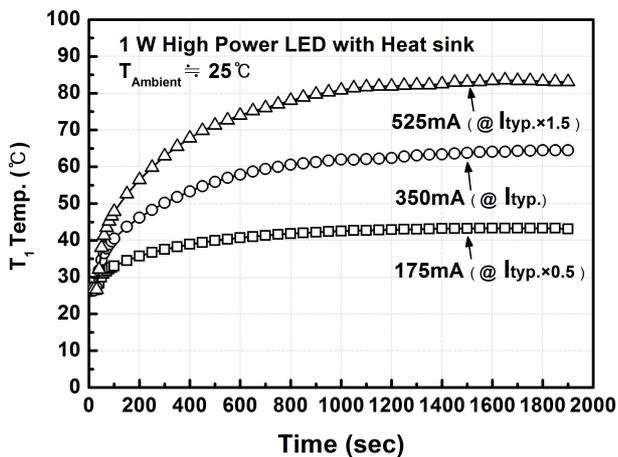


Figure 5. The temperature (T_1) of LED package lead part according to the LED-operation current of 175, 350 and 525 (mA) without TED.

여 LED의 온도와 LED 접합부 온도를 조사한다. 실험에 사용한 고휘력 LED 소자의 열적인 기초 특성을 조사하기 위하여 열전소자를 제거한 상태에서 접합부 온도(Junction temperature)의 계측 실험을 수행하였다. Fig. 5는 LED의 구동 전류별 LED 패키지 전극부(T_1)의 온도를 시간별로 측정된 결과이다. 온도 특성이 안정화되는 1,400초(sec) 이후의 결과를 보면, LED의 정격 전류인 350 mA 경우, T_1 의 안정화 온도는 64.5°C이고, 정격 전류의 50%인 175 mA일 때 43.3°C가 측정되었다. LED 패키지에 직접적인 영향을 줄 수 있는 정격 전류의 150%인 525 mA일 경우 83.2 °C로 확인되었다. 실험 중 주위의 환경 온도는 약 25.0°C이었다.

LED의 구동 전류별 접합부 온도값을 도출하기 위해, 실험에 사용된 LED는 열 과도 시험기(Thermal transient tester, T3ster[®]) 장비를 이용하여 열 저항(R_{th})값을 측정된 결과 13.2°C/W을 얻었다. 이는 LED 제조업체 사양서에 표기된 평균수치 10.0°C/W와 유사한 수준임을 확인할 수 있다. 이 측정된 결과 값을 이용하여, 실험에 사용한 LED 소자의 접합온도를 얻을 수 있다. Fig. 6는 열전소자가 없는 상태에서 LED 구동 전류별 접합 온도 값을 계산한 그래프이다. 여기서, LED의 구동 전류가 525 mA일 때, T_j 값은 106.3°C로 계산되었다 [13,14].

이 수치는 제조업체에서 사용 시 권장하는 접합온도 110.0°C 이내를 준수한 실험으로써 정격 구동 전류의 150%인 525 mA에서 LED에 손상 없이 실험된 최대 가용 전류임을 알 수 있다.

Fig. 7은 두 번째의 실험으로서 LED 패키지 없이 열전

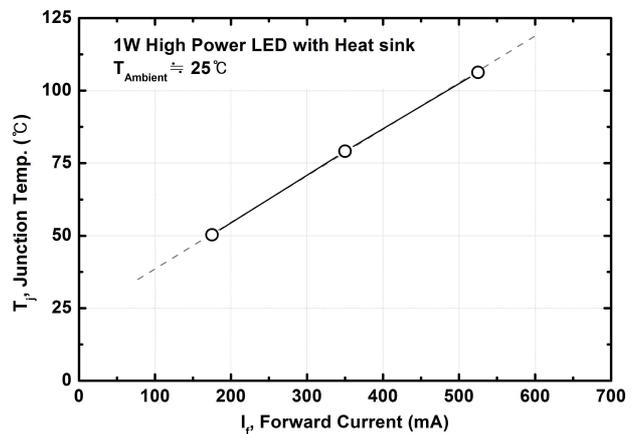


Figure 6. Junction temperature as a function of forward current for the high power LED with heat sink and without TED.

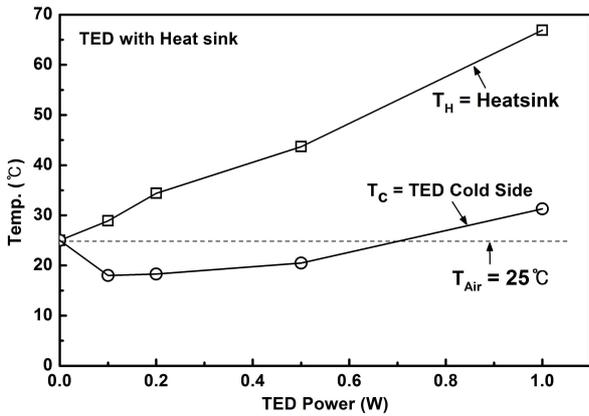


Figure 7. The relation between TED temperature and TED power without LED.

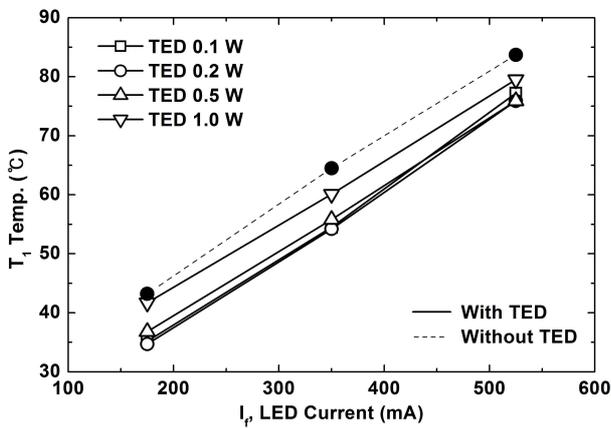


Figure 8. LED lead part temperature (T_l) versus the operation current (I_f) of LED according to the input power of TED.

소자의 구동 전력별 고온부와 저온부의 온도 특성 변화를 측정된 결과이다. Fig. 7에서 열전소자의 구동 전력이 증가함에 따라 고온부의 온도가 증가한다. 그러나 저온부에서의 온도 특성은 0.1 W에서 최대로 낮아졌다가 증가하는 곡선을 볼 수 있다. 이 현상은 열전소자 고온부에 접합되어 있는 발열 구조물(Heat-sink)의 방열 부족현상으로 고온부에서 저온부로 역 열전달이 발생하기 때문이다 [15,16].

LED와 TED를 동시에 작동하여 측정한 실험 결과를 Fig. 8과 Fig. 9에 나타내었다. 이와 같이 LED 및 열전소자 특성 및 실험 장치에 대한 현상을 확인 후 열전소자의 구동전력별 LED p-n접합부 온도를 특성 실험을 한 결과가 Fig. 8이다.

Fig. 8은 열전소자의 구동 전력을 0.1 W~1.0 W까지 인가하였을 때 LED 패키지 전극부(T_l)에서 발생하는 열을 측

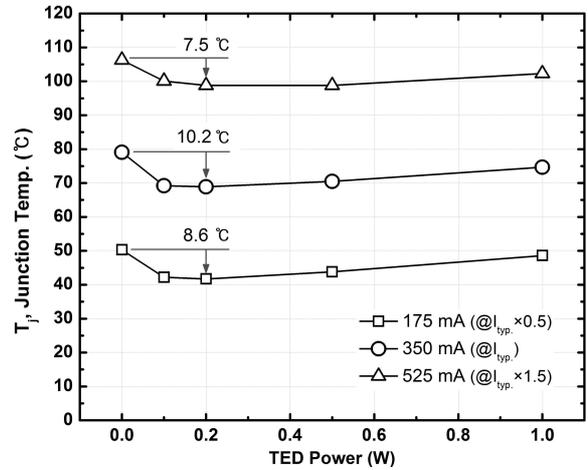


Figure 9. LED junction temperature (T_j) versus TED operation power with the LED operation current of 175, 350 and 525 (mA).

정한 그래프이다. 열전소자의 구동 전력이 감소함에 따라 전극부의 온도도 감소하는 경향을 보여준다. LED를 정격 전류로 구동시킨 경우, 열전소자를 0.2 W로 구동 하였을 때 최대 10.3°C가 낮아진다.

Fig. 9는 열전소자 구동 전력에 따른 LED의 접합부 온도 변화이다. 대체적으로 LED 구동 전류가 낮을수록 열전소자의 낮은 구동 전력에서 최적점이 나타난다. 열전소자의 구동 전력이 0.2 W와 0.5 W일 때, LED의 구동전류 525 mA에서 접합부 온도가 98.8°C로 하향 유지된다. 이 결과는 LED 단독 구동 시 대비 7.5°C가 저감된 값이다. 또한 LED의 정격 전류 350 mA에서는 접합부 온도가 79.1°C인 반면, 열전소자가 0.2 W로 구동되어지는 경우 LED를 정격 전류로 구동 시 최대 10.2°C가 낮아진 68.9°C가 측정되었다. 접합부 온도는 LED 수명을 결정짓는 주요한 요소이다. 일반적으로 접합부 온도가 증가할수록 수명은 감소한다. 본 실험에서 열전소자가 0.2 W를 초과하여 구동되어지는 경우 LED의 접합부 온도는 상승하였다. 이는 Fig. 7에 나타난 열전 소자의 경향과 유사한 형태로 방열구조물(Heat sink)의 방열 부족현상으로 인한 결과로 해석할 수 있다.

V. 결 론

열전소자(TED)를 사용하여 LED의 발열 제어가 가능함을 확인 하였다. 열전소자의 펠티에(Peltier)효과는 LED의

구동의 발열과 LED 소자의 접합부 온도(Junction temperature)를 제어한다. 본 연구에서 525 mA로 LED만 구동하였을 경우, LED의 접합부 온도는 106.3°C이다. 그러나 열전소자를 0.2 W, 0.5 W로 구동하여 LED의 열을 배출하였을 경우 LED의 접합온도가 98.8°C로 7.5°C가 저감된다. LED의 정격 전류인 350 mA로 구동하였을 경우 접합온도는 79.1°C이지만, 열전소자를 0.2 W로 구동하였을 경우 최대 10.2°C가 떨어진 68.9°C의 접합부 온도를 얻을 수 있다. 이와 같은 결과로 열전소자의 구동 전력이 0.2 W일 때, 발광다이오드의 최대 사용 가능 전류는 560 mA이며, 접합온도는 109.0°C로 예측된다.

LED의 발열을 열전소자로 제어하기 위해서는 LED로부터 열전소자의 펠티에 효과로 흡수한 열을 방열구조물(heat-sink)에 의하여 효과적으로 발산시키는 것이 중요하다. 열전소자로 흡수한 열이 방열구조물에서 발산되지 못하면, 그 열이 다시 열전소자와 LED로 역류하게 된다. 이렇게 역류한 열은 열전소자의 펠티에 효과를 상쇄하게 된다. 특히, 열전소자에 필요 이상의 전력을 공급하여 LED의 열량을 많이 흡수하더라도 방열구조물에서 이 열을 충분히 발산할 수 없으면, 그 열이 다시 열전소자를 통하여 LED로 역류하므로 LED의 열을 효과적으로 제어하지 못한다. 따라서 열전소자를 이용하여 LED의 방열을 제어하기 위해서는 방열구조물의 열확산 능력에 맞도록 열전소자에 공급되는 최적의 전력을 공급하는 것이 효과적이다. 이러한 실험 결과는 현재 고성능하고 있는 고효율 LED의 방열 문제 해결과 조명기구 등의 응용 분야를 잘 활용할 수 있는 기술적인 가능성을 제공한다.

감사의 글

본 연구는 교육과학부의 BK21 및 2011년도 광운대학교 학내 연구비에 의하여 수행되었음.

참고문헌

- [1] J. W. Lee, J. W. Lim, and G. H. Lee, The Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers 2010 Spring Annual Conference, pp.59-62 (2010).
- [2] J. B. Kim, *Teletronics and Telecommunications Trends* **24**, 61-76 (2009).
- [3] T. Y. Nam, D. H. Kim, W. H. Lee, S. J. Kim, B. G. Lee, T. G. Kim, Y. C. Jo, and Y. S. Choi, *J. Korean Vacuum Soc.* **19**, 10-13 (2010).
- [4] C. G. Park, S. M. Cho, and J. S. Kim, The Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers 2009 Autumn Annual Conference, pp.21-23 (2009).
- [5] K. Y. Kim and G. G. Ham, The Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers 2009 Spring Annual Conference, pp.214-217 (2009).
- [6] D. G. Kwon, N. G. Kim, S. C. Lee, W. S. Jeon, D. Y. Bang, and G. H. Choi, *Korean Society for Precision Engineering 2004 Autumn Conference*, pp.116-119 (2004).
- [7] S. Y. Yu, J. P. Hong, and W. S. Sim, *Int. J. Air Conditioning and Refrigeration* **16**, 62-69 (2004).
- [8] M. G. Jang, M. S. Jeon, T. M. No, and J. D. Kim, *Teletronics and Telecommunications Trends* **23**, 12-21 (2008).
- [9] J. E. Lee, S. H. Park, K. J. Kim, and D. J. Kim, The Korean Society of Mechanical Engineering 2007 Spring Annual Conference pp.1420-1425 (2007).
- [10] B. W. Cho, D. H. Lee, D. Y. Lee, and Y. K. Kim, *Korean Society of Road Engineers Journal* **12**, 93-101 (2010).
- [11] J. Y. Kim and M. D. Oh, The Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineers of Korea 2000 Winter Annual Conference (II) pp.664-669 (2000).
- [12] D. González-Mendizabal, P. Bortot, and A. L. López de Ramos, *Int. J. Thermophys.* **19**, 1129-1138 (1998).
- [13] Y. Xi and E. F. Schubert, *Appl. Phys. Lett.* **85**, 2163 (2004).
- [14] Y. Gu and N. Narendran, *Third International Con-*

ference on Solid State Lighting. In: I. T. Ferguson, N. Narendran, S. P. DenBaars, J. C. Carrano, Proceedings of the SPIE **5187**, 107-114 (2004).

[15] A. Miner, A. Majumadar, and U. Ghoshal, Ther-

moelectrics, 1999. Eighteenth International Conference pp.27-30 (1999).

[16] D. Y. Lee, Journal of the Korea Society for Power System Engineering **10**, 65-70 (2006).

Control of Heat Temperature in Light Emitting Diodes with Thermoelectric Device

S. H. Han, Y. J. Kim, J. H. Kim, D. J. Kim, J. Y. Jung, S. Kim, and G. S. Cho*

Department of Electrophysics, Kwangwoon University, Seoul 139-701

(Received May 9, 2011, Revised June 24, 2011, Accepted July 4, 2011)

The heat temperature of a light emitting diode (LED) is investigated with the thermoelectric device (TED). The Peltier effect of the thermoelectric device is used to control the heat radiation and the junction temperature of high-power LEDs. For the typical specific current (350 mA) of high-power (1 W) LEDs, the LED temperature and the p-n junction temperature become 64.5°C and 79.1°C, respectively. For 0.1~0.2 W driving power of TED, the LED temperature and the junction temperature are reduced to be 54.2°C and 68.9°C, respectively. As the driving power of the TED increases over 0.2 W, the temperature of LED itself and the junction temperature are increased due to the heat reversed from the heat-sink to LED. As the difference of temperature between LED and the heat-sink is increased, the quantity of reversed heat becomes larger and it results to degrade the cooling capability of TED.

Keywords : Peltier effect, Thermoelectric device, Light emitting diodes, Heat radiation, Junction temperature

* [E-mail] gscho@kw.ac.kr