

유체 다리 형 열 스위치를 이용한 냉각 장치의 설계와 시뮬레이션

Design and simulation of cooling system using heat switch based on the liquid bridge

*정수현¹, 남성기¹, Wataru Nakayama², #이선규¹

*S. H. Jeong¹, S. K. Nam¹, Wataru Nakayama², S. K. Lee(skyee@gist.ac.kr)¹

¹광주과학기술원 정보기전공학부

²Thermtech International

Key words : heat switch, thermal resistance, liquid bridge

1. 서론

오늘날 발열은 다양한 분야에서 시스템의 성능에 직접적인 영향을 미치는 중요한 문제이다. 이와 같은 발열 문제를 해결하기 위하여 다양한 열관리 방법들이 제안되고 있다[1]. 각각의 시스템에서 요구되는 냉각 특성이 다르므로, 적합한 열관리 방법의 개발은 여전히 중요한 유체 다리 열 스위치는 유체 다리를 제어하여 고온부와 저온부 간의 열저항 제어하고 이를 통해 국부적으로 냉각 성능을 집중시키거나 온도 분포를 제어하는 것이 가능한 장치이다 [2]. 이때 안정적으로 동작하는 열 스위치를 설계하기 위해서는 정밀한 유체 제어가 선행되어야 한다.

본 논문에서는 유체 다리의 제어를 원활하게 하는 열 스위치의 형상을 선정하고, 이를 통해 열 스위치를 구성하여 LED의 정선 온도를 냉각하는 것이 가능함을 보였다. 더하여 시뮬레이션을 통해 열 스위치를 응용하여 주변 환경 변화에 따라 능동적으로 열 관리를 수행하는 것이 가능함을 보였다.



(a) Remained liquid bridge (d=0.6mm) (b) Ruptured liquid bridge (d=0.8mm)

Fig. 1. End of liquid bridge rupture process

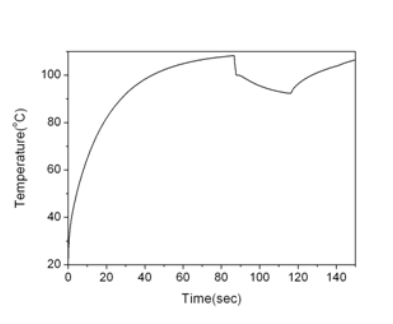


Fig. 2. Junction temperature of LED with heat switch

2. 유체 다리 열 스위치

유체 다리 열 스위치는, 고온부와 저온부 사이에 유체 다리를 형성 또는 제거하여 두 판 사이의 열저항을 제어하는 열 스위치이다.

그림 1은 유체 다리의 제거 과정이 모두 끝난 후의 이미지를 보여준다. 그림 1.a.와 1.b.는 각각 두 판 사이의 간격(d)이 6mm와 0.8mm로, 0.6mm에서는 유체 다리를 완전히 제거하는 것에 실패한 것을 보여 준다. 이와 같이 유체 다리의 제거 과정이 끝난 뒤에도 두 판 사이에 남아 있는 유체 다리는 정밀한 온도 제어에 악영향을 미치게 된다. 따라서 두 판 사이의 간격과 채널의 지름을 적절히 선정하여야 반복적으로 동작하는 열 스위치를 구성할 수 있다.

그림 2는 유체 다리 열 스위치를 이용하여 LED의 정선 온도를 냉각하는 것으로, 이때 상하판 간격과 채널의 지름은 각각 1mm로 선정되어 반복적인 유체 다리의 제어를 수행하였고, 구성된 열 스위치를 통해 LED의

정선 냉각과 열저항 제어가 가능함을 알 수 있었다.

3. 환경 변화를 고려한 열 스위치

시스템의 환경 변화에 능동적으로 열관리를 수행할 수 있는 열 스위치 조건을 찾기 위하여 본드 그래프 모델링을 이용한 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 4 와 같이 외벽에 바로 부착된 LED 와 열 스위치를 이용한 LED 패키지를 가정하였고, 외벽의 온도는 $\pm 50^{\circ}\text{C}$ 로 변화한다. 이때 외벽과 LED 간의 접촉 열저항은 $0.2^{\circ}\text{C}/\text{W}$, 열 스위치의 열저항 제어 범위는 $10 \sim 30^{\circ}\text{C}/\text{W}$ 로 가정했다. LED 의 소비 전력이 1, 1.5, 2W 인 경우의 시뮬레이션을 수행한 결과, 소비 전력이 1W 인 경우에는 열 스위치를 이용한 경우 외기 온도의 영향을 최소화하여 최고 온도와 최소 온도의 편차를 줄여주지만, 2W 인 경우 정선 온도의 최대값과 최소값이 모두 열 스위치를 사용하지 않은 경우에 더 낮은 값을 가지게 된다. 따라서 열 스위치를 적용할 경우 시스템에서 요구되는 성능을 고려한 설계가 필요하다.

4. 결론

시스템의 열 관리를 위한 열 스위치를 설계했다. 유체 다리를 적절하게 제어할 수 있는 스위치의 형상을 선정하여 열 스위치를 구성했고 이를 LED 에 적용하여 정선 온도와 열 저항 값을 제어할 수 있음을 보였다. 더하여, 열 스위치의 시뮬레이션을 통해 시스템의 환경 변화에 따라 적절한 수준의 열 관리가 가능함을 확인하였다.

후기

이 연구는 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국 연구 재단의 지원(No. 20110018621)과 GIST 솔라 에너지 연구소 차세대 태양전지 기술 개발 및 연구기반 구축사업의 지원으로 수행되었습니다.

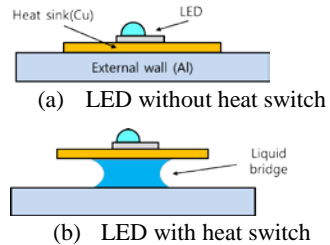
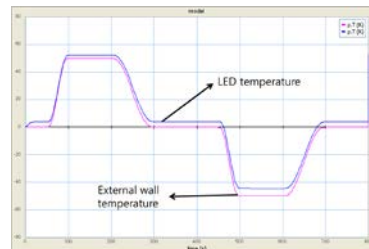
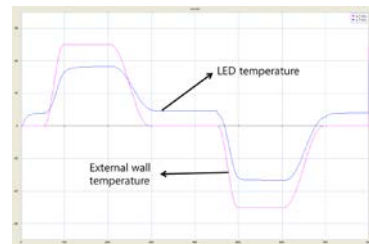


Fig. 3. LED cooling system



(a) LED without heat switch



(b) LED with heat switch

Fig. 4. Power consumption = 1W

참고문헌

1. Jung-Kyun Kim, Wataru Nakayama, Yoshimi Ito, Sun-Kyu Lee, 2009, "Estimation of thermal parameters of the enclosed electronic package system by using dynamic thermal response" Mechatronics, Vol.19, pp. 1034~1040.
2. Su-Heon Jeong, Wataru Nakayama, Jae-Young Joo, Sun-Kyu Lee, 2009, "Development of a Thermal Switch Using the Channel Geometry Effect for Electronic Package", IEEE transactions on components and packaging technology, Vol.32, No.1, pp. 100~105.