다공성 SiC 세라믹 히트싱크 방열성능에 관한 연구

안일용*, 이영림**
*공주대학교 대학원 기계공학과
**공주대학교 기계자동차공학부
e-mail:ylee@kongju.ac.kr

A Study on Thermal Performance of Porous SiC Ceramic Heat Sink

Il-Yong An*, Young Lim Lee**
*Dept. of Mechanical Engineering, Graduate School of Kongju National University
**Dept. of Mechanical and Automotive Engineering, Kongju National University

요 약

본 연구에서는 잉곳을 절삭하여 웨이퍼를 만들 때 발생하는 슬러리로부터 SiC를 분리하고, 이를 재생시켜 다공성 SiC 세라믹 히트싱크를 제작하였다. 또한 제작 된 다공성 SiC 세라믹 히트싱크의 열적물성치를 레이저 플래쉬 방법으로 측정하였고 알루미늄 히트싱크와의 비교실험을 통해 다공성 SiC 세라믹 히트싱크의 방열성능을 검증하였다.

1. 서론

최근 들어 전자제품의 경박단소 경향으로 제품내부의 발열밀도는 증가하고 있다. 이를 해결하기 위한 가장 보편적인 방법은 히트싱크(Heat sink)를 발열 부품에 부착하는 것이다.

히트싱크를 이용해 열을 효과적으로 방출시키기 위한 연구는 지속적으로 이루어져왔는데 Li 등[1]은 천이영역에서 난류일 때 노즐에서부터의 거리, 히트싱크의 핀의 높이 및 거리의 다양한 변화에 따른 방열성능에 관한 연구를 하였고, Jeon 등[2]은 강제대류일 때 히트싱크 형상에 따른 발열성능을 실험을 통해 연구하였다. Lee 등[3]은 발포알루미늄 히트싱크와 냉각 팬의 조합인 경우 유동 및 방열기의 변화에 따른 방열성능 변화를 알아보았다. Kim 등[4]은 체적은 동일하지만 적층형, 압출형, 다공성 히트싱크 일 때 자연대류 및 강제대류에서 열량 및 유속의 변화에 따른 방열특성에 관한 연구를 수행하였다.

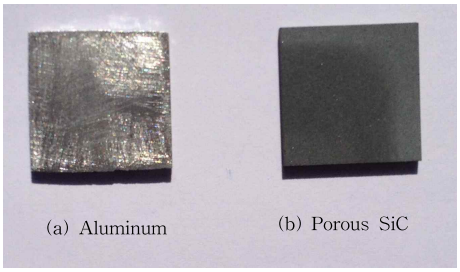
히트싱크는 열을 효과적으로 방출시키기 위해 높은 열전도율을 갖고 있는 금속소재를 사용하여 많은 개발이 이루어져왔다. 하지만 이런 금속소재는 원자재 상승으로 제품 제조단가를 상승시키고, 접촉 면적 및 크기가 커져 전자제품의 소형화 및 경량화에 큰 단점으로 작용하고 있다. 제품 소형화 및 경량화를 위한 다공성 매질의 히트싱크 연구도 많이 이루어져 왔는데, 특히, 열전도율이 우수한 다공성 SiC 세라믹이 히트싱크 소재로 주목받고 있다. Jang과 Kim [5]는 충돌 제트를 가지는 마이크로 채널 히트싱크에서 유동장 및 온도장의 상사해를 구하였고, Koh와 Colony [6]은 마이크로 채널 히트싱크를 다공성 매질로 모델링하였다. Chung과 Lee [7]는 다공성 매질 내의 난류 유동 수치해석을 통해 운전조건 및 형상조건에 따른 관의 열전달과 압력강하 특성을 연구하였다.

SiC 세라믹은 태양광 소재산업에서 폐슬러리가 발생하는데, 이를 재생하여 사용할 수 있으므로 제조단가를 낮출 수 있다. 또한 미세기공을 가지고 있으므로 공기와 접하는 표면적을 극대화시켜 효율적인 방열효과를 얻을 수 있음과 동시에 제품을 경량화 시킬 수 있다.

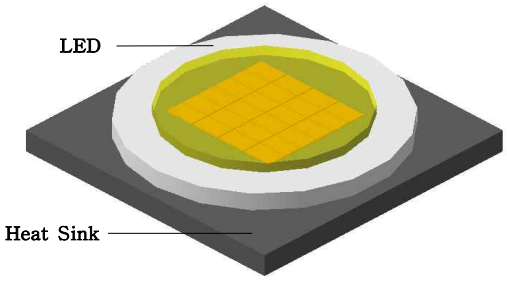
따라서 본 연구에서는 실리콘 잉곳을 잘라 웨이퍼를 만들 때 발생하는 SiC 슬러리를 재생시켜 만든 다공성 재생 SiC 세라믹 히트싱크를 제작하였다. 또한, 레이저 플래쉬 방법을 이용하여 열 물성치를 측정하였고 알루미늄 히트싱크와 방열성능 비교 실험을 수행하였다.

2. 실험 준비 및 방법

본 연구에서는 알루미늄과 다공성 SiC 세라믹 히트싱크의 방열성능을 비교실험하기 위해 그림 1과 같이 히트싱크



[그림 1] 알루미늄, 다공성 SiC 세라믹 히트 싱크



[그림 2] LED와 히트싱크 개략도

를 준비하였다. 열원으로써 MCPCB(Metal Core Printed Circuit Board) 타입 LED를 사용하였다. 실험방법은 LED PCB 전극에 T형 열전대를 부착한 후 T형 열전대와 데이터 레코더(Data recorder)를 통해 MCPCB 온도를 측정하였다. 먼저 단일 LED 온도가 135~150 ℃가 되면 칩 단선 현상이 발생하므로 MCPCB 온도 기준으로 약 47.9 ℃, 80.6 ℃, 105.7 ℃를 고려하였다. 이를 위해 약 0.63 W, 1.70 W, 2.78 W의 전원을 인가시켰다. LED와 히트싱크는 그림 2와 같이 열 테이프(thermal tape)를 사용하여 부착시켰다.

3. 결과 및 토론

3.1 히트싱크 열적 물성치

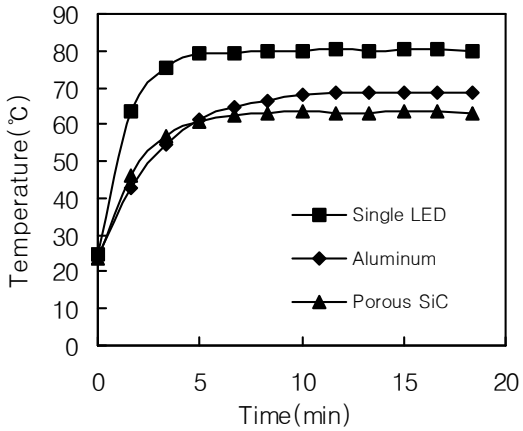
실험에서 사용된 다공성 SiC 세라믹 히트싱크는 잉곳을 잘라 웨이퍼를 만들 때 발생하는 SiC를 재생하여 제작하였다. 본 실험에서는 제작된 다공성 SiC 세라믹 히트싱크의 열적 물성치를 알기위해 레이저 플래쉬 방법(laser flash method)을 사용하여 측정하였다. 표 1은 실험에서 사용된 재료들의 열적 물성치를 나타내었다.

3.2 방열 성능 실험

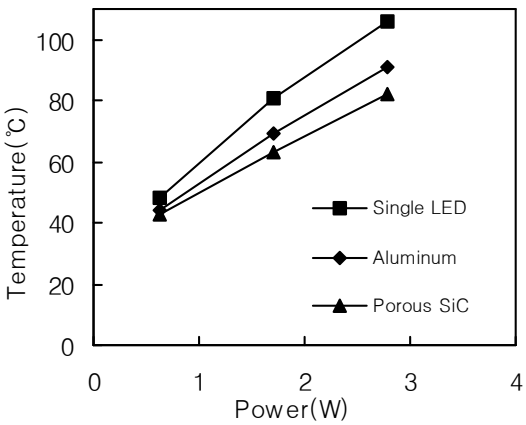
그림 3는 주변온도 25 ℃에서 단일 LED, 알루미늄 히트싱크를 부착시켰을 경우, 다공성 SiC 세라믹 히트싱크를 부착시켰을 경우의 시간에 따른 온도 변화이다. 알루미늄 히트싱크를 부착시켰을 경우 수렴온도는 약 69.2 ℃이고 다공성 SiC 히트싱크를 부착시켰을 경우 수렴온도는 약 63.2 ℃이

[표 1] 히트싱크 열적 물성치

Material	k(W/mK)	ρ(kg/m^3)	Cp(J/gK)	porosity (%)
Aluminum	237	2702	0.9	0
Porous SiC	8.2	1849	0.72	40



[그림 3] 단일 LED, 알루미늄, 다공성 SiC 세라믹 히트싱크일 경우 시간에 따른 MCPCB 온도변화



[그림 4] 단일 LED, 알루미늄, 다공성 SiC 히트싱크일 경우 전력에 따른 MCPCB 온도변화

다. 다공성 SiC 세라믹 히트싱크가 알루미늄 히트싱크에 비해 방열효과가 약 6 ℃ 좋은 것을 알 수 있다.

그림 4는 주변온도 25 ℃일 때 전력에 따른 온도 변화이다. 인가전력을 증가시키면 MCPCB 온도는 모든 경우 비교적 선형적으로 상승하며 방열성능 효율은 인가전력 변화에 관계없이 다공성 SiC 세라믹 히트싱크가 알루미늄보다 좋은 것을 알 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 잉곳을 잘라 웨이퍼를 만들 때 발생하는

SiC를 이용하여 다공성 SiC 세라믹 히트싱크를 개발한 후 열적 물성치를 측정하고 알루미늄 히트싱크와 비교실험을 통해 방열성능을 검증하였다. 이러한 연구를 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

(1) 본 연구에서 고려한 기공율 40 %의 다공성 SiC 히트싱크의 열전도율은 8.2 W/m・K로써 알루미늄 히트싱크의 열전도율 237 W/m・K에 비해 매우 낮다. 하지만, 미세기공으로 인한 전열면적 증가로 인해 방열성능은 더 우수하다.

(2) 또한, 기공율 40 %의 다공성 SiC 히트싱크는 알루미늄 히트싱크 대비 약 32 % 가벼워 전자제품 경량화에 기여할 수 있다.

(3) 다공성 SiC 히트싱크는 알루미늄 히트싱크와는 달리 태양광 소재산업에서 발생하는 슬러리를 재생시켜 사용가능하므로 제조단가를 낮춤과 동시에 자원 재활용에도 기여할 수 있다.

참고문헌

[1] H. Y. Li and M. H. Chiang, "Effects of Shield on Thermal-fluid Performance of Vapor Chamber Heat Sink", International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 54, Issue 7-8, pp. 1410-1419, 2011

[2] C. S. Jeon, Y. K. Kim, J. Y. Lee and S. H. Song, "Cooling of an In-line Array of Heat Sources with Air-Cooled Heat Sinks", The Korean Society of Mechanical Engineers, Vol. B, pp. 229-234, 1998

[3] M. H. Lee, J. W. Paek, S. Y. Kim and K. S. Lee, "Heat Transfer from a Fan-Aluminum Foam Heat Sink Assembly for CPU Cooling", The Korean Society of Mechanical Engineers, Vol. 26, Issue 3, pp. 417-422, 2002

[4] J. H. Kim, J. H. Yun and C. S. Lee, "An Experimental Study on the Thermal Resistance Characteristics for Various Types of Heat Sinks", The Society of Air-conditioning and Refrigerating Engineers of Korea, Vol. 14, Issue 8, pp. 676-682, 2002

[5] A. Bejan, "Editorial", Journal of Porous Media, Vol. 1, pp. Ⅰ-ii, 2000

[6] J. C. Y. Koh and R. Colony, "Heat Transfer of Microstructure for Integrated Circuits", Int. Comm. Heat Mass Transfer, Vol. 13, pp. 89-98, 1986

[7] K. Y. Chung and K. S. Lee, "A Modified Turbulent Porous Modeling for Numerical Analysis", The Korean Society of Mechanical Engineers, Vol. 26, Issue 6, pp. 875-882, 2002