

SiC 파워모듈 고열유속 제거를 위한 노즐젯 핀-핀 냉각

정석원[†] · 강나나^{*} · 공대영^{*} · 금교훈^{*} · 한창우^{**} · 신동민^{**} · 이형순^{*,***}

*중앙대학교 지능형에너지산업학과, **현대자동차 R&D 본부, ***중앙대학교 기계공학과,

Nozzle jet cooling in pin-fin arrays for enhanced heat flux dissipation in SiC power modules

Seokwon Jeong[†], Nana Kang^{*}, Kong Daeyoung^{*}, Gyohoon Geum^{*},
Changwoo Han^{**}, Dongmin Shin^{**} and Hyoungsoon Lee^{*,***}

^{*} School of Intelligent and Energy Industry, Chung-Ang Univ.,

^{**} Hyundai Motor Company R&D Division.,

^{***} School of Mechanical Engineering, Chung-Ang Univ.

1. 서 론

전력 변환 시스템이 요구하는 성능 향상이 증가하며 실리콘 카바이드(SiC)를 이용한 와이드 밴드갭(WBG) 반도체 사용이 증가하고 있다.⁽¹⁾ WBG 반도체의 등장으로 전자기기가 더욱 소형화됨에 따라 고전력 밀도를 가지게 되는데, 이는 열적인 문제를 야기한다. 반도체는 열적 문제에 아주 민감하게 반응하여, 접합온도가 증가하면 장치의 성능이 기하급수적으로 감소한다.⁽²⁾ 이 때문에 전자기기에서 고열유속 제거를 위한 냉각 시스템 개발은 필수적이다. 마이크로 핀-핀 모델은 우수한 열전달 능력과 제조의 간단함으로 전자기기 냉각에 널리 사용된다. 이에 따라 원형⁽³⁾, 사각형, 타원형⁽⁴⁾, 등 핀-핀의 단면 형상에 따른 연구들이 진행되었으며, 그에 따른 열성능에 대한 분석이 이루어졌다.

본 연구에서는 파워모듈 고열유속 제거를 위한 노즐젯 핀-핀 냉각 시스템에서, 핀-핀의 형상을 실린더형과 삼각뿔형으로 제시하여 냉각성능을 개선할 수 있는 방향을 분석하였다. 수치해석 프로그램으로 먼저 해석을 진행한 후, 해석을 검증하기 위한 실험을 설계하고 진행하였다.

2. 연구 방법

노즐 젯 매니폴드와 핀-핀이 식각된 알루미늄 핀 플레이트를 이용해 SiC 칩을 냉각할 수 있는 냉각 시스템을 모델링하였다. 핀-핀의 형상은 실린더형과 삼각뿔형으로, 두 형상에 대하여 비교 분석을 진행하였다. 냉매는 물을 사용하였으며, 노즐 젯 매니폴드 구조를 통해 핀플레이트의 핀-핀에 충돌한다. ANSYS FLUENT (19.2)를 사용하여 해석하였으며, SiC 칩에 가해지는 전력 조건은 20W-100W, 냉매의 유속 조건은 2LPM-10LPM 으로 늘려가며 해석하였다. 냉매의 온도 조건은 30℃로 고정하였다. 이를 통해 총 열저항과 압력손실을 분석하였다.

3. 결 론

연구 결과 전체적으로 삼각뿔 형상 핀-핀이 실린더 형상 핀-핀보다 총 열저항이 낮고, 칩의 최대온도와 평균온도가 낮다. 따라서 냉각성능은 삼각뿔 형상이 더 우수한 것으로 판단된다.

후 기

This research was supported by the Hyundai Motor Company and the Industrial Technology Innovation Program (No. 20007058, Development of safe and comfortable human augmentation hybrid robot suit) funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea).

참고문헌

- (1) Kitamura, T., Yamada, M., Harada, S. and Koyama, M. (2016), Development of High-Power Density Interleaved dc/dc Converter with SiC Devices, *Electr Eng Jpn*, 196: 22-29.
- (2) Laidler, K. J. (1984). The development of the Arrhenius equation. *Journal of Chemical Education*, 61(6), 494.
Chemical Education, 61(6), 494
- (3) J Jörg, S Taraborrelli, E Sabelberg, R Kneer, R De Doncker, W Rohlf (2017). Hot spot removal in power electronics by means of direct liquid jet cooling. *IEEE*.
- (4) Abdolvahab Ravanji, Mehran Rajabi Zargarabadi. (2020). Effects of pin-fin shape on cooling performance of a circular jet impinging on a flat surface. *Elsevier, International Journal of Thermal Sciences*.