

히트싱크 면적에 따른 IGBT의 열 분포 모델링

류세환, 홍종경, 원창섭, 안형근, 한득영
 건국대학교 전기공학과

Thermal Distribution Modeling of IGBT with heatsink areas

Sehwan Ryu, Jongkyoung Hong, Changsub Won, Hyungkeun Ahn and Deukyong Han
 Department of Electrical Engineering, Konkuk University

Abstract : As the power density and switching frequency increase, thermal analysis of power electronics system becomes imperative. The analysis provides valuable information on the semiconductor rating, long-term reliability. In this paper, thermal distribution of the Non Punchthroug(NPT) Insulated Gate Bipolar Transistor with heatsink areas has been studied. For analysis of thermal distribution, we obtained results by using finite element simulator, ANSYS and compared with experimental data by thermocam.

Key Words : Thermal distribution, heatsink, IGBT, ANSYS

1. 서론

최근 전력 변환 시스템에서 사용 전력이 증가하고, 스위칭 주파수가 높아짐에 따라 시스템에서 발생하는 열에 대한 분석이 많이 연구되어 오고 있다. 열적 분석을 통한 결과들은 반도체의 등급과 오랜 기간의 신뢰도 및 효과적인 히트싱크 제작에 유용한 정보를 제공할 수 있으며, 주로 반도체 소자의 동적 접합 온도를 예측하기 위한 이론적 연구가 이루어지고 있다[1][2]. 반도체의 열적 특성 연구 대비 실제로 열을 발산시키는 히트싱크의 구조 및 재료 특성에도 중요성이 대두되고 있기 때문에, 본 논문에서는 히트싱크의 최적 모델링을 위한 연구를 수행하였다. 반도체 소자로는 전력용 반도체 소자로서 많이 사용되고 있는 IGBT를 모델로 삼았으며, 전력 손실 및 히트싱크 면적의 값을 변화해서 나타나는 열분포 특성을 유한요소 해석 도구인 Ansys를 통해 시뮬레이션 하였으며, 이를 검증하기 위해 실제 실험을 통해 온도를 측정하였다. 온도 측정을 위해서 적외선 촬상기를 사용하였으며, 우리가 제시하는 모델과 실제 실험과 거의 일치하는 결과를 얻을 수 있었다.

2. 실험 및 열적 분포 모델링

2.1 실험장치

열 분포를 촬영하기 위해 사용한 소자는 단일 NPT IGBT를 사용하였으며, 2가지 히트싱크, 56, 114[cm²]를 연결해서 측정하였다. 열 분포는 ThermoCam이라는 적외선 촬상기를 이용하여 측정하였으며, 이를 시뮬레이션 결과와 비교하였다.

2.2 열적 분포 모델링

열적 분포를 모델링하기 위해 유한요소법[3][4]을 적용한 ANSYS[5]라는 프로그램을 이용하였으며, 실험에 사용

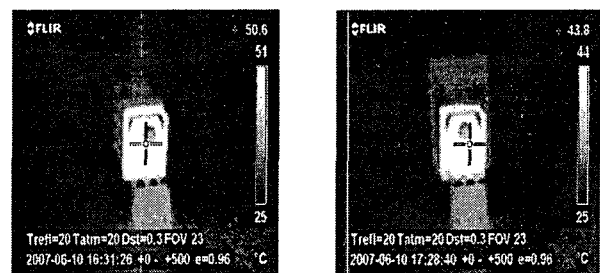
한 IGBT 소자를 모델링하기 위해서 4가지 물성치를 사용하였다. 이는 표 1에서 보여주고 있다. 히트싱크 면적은 실험에 적용한 2개의 히트싱크와 가상적으로 3개의 히트싱크를 추가로 모델링하여 그 변화를 나타내었다. 히트싱크 면적은 각각 56, 114, 190, 405, 700[cm²]로 만들어서 시뮬레이션을 하였다.

표 1. 시뮬레이션에 적용된 물성 파라미터들

| Material | K[W/m-K] conductivity | C[J/Kg-K] specific heat | ρ [Kg/m ³] density |
|----------|--------------------------|----------------------------|--|
| Si | 153 | 703 | 2340 |
| Cu | 395 | 385 | 8960 |
| Al | 0.73 | 273 | 2270 |
| EMC | 237 | 910 | 2702 |

3. 결과 및 고찰

그림 1은 실험을 통해 측정된 열적 분포를 나타내고 있다. 그림 1의 (a)인 경우는 히트싱크가 56[cm²]인 경우로 51℃까지 올라가는 것을 확인할 수 있으며, 114[cm²]인 경우는 44℃까지 측정되었다.

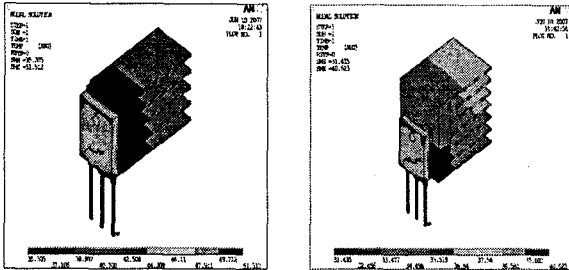


(a) 56[cm²]

(b) 114[cm²]

그림 1. 56, 114[cm²]의 히트싱크를 연결했을 시의 IGBT의 열분포 사진.

그림 2는 히트싱크의 면적을 56, 114[cm²]로 했을 시 시뮬레이션 결과를 나타낸 그림이다. 56[cm²]인 경우 최대 온도가 약 51℃로 나타났으면, 114[cm²]인 경우는 약 40℃의 최대 온도분포를 나타내었다.



(a) 56[cm²] (b) 114[cm²]

그림 2. 56, 114[cm²]의 히트싱크를 연결 했을 시의 열적 분포 시뮬레이션 결과.

그림 3는 56, 114[cm²]의 히트싱크를 연결했을 시의 전력 손실을 10, 16.9, 22.5, 28.9 40[W]로 변화시켰을 때의 온도 분포를 실험과 시뮬레이션 결과를 비교한 그림이다. 실제 실험에서 인가전압을 100V에서 500V까지 변화시켰을 때의 전력 손실을 계산해서 이것을 시뮬레이션의 열원으로 입력하였으며, 그 결과는 실험과 시뮬레이션이 거의 일치하고 있음을 보여준다.

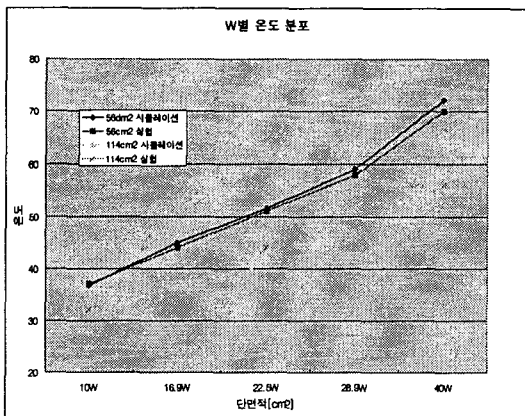


그림 3. 56, 114[cm²]의 히트싱크를 연결했을 시의 전력 손실 변화에 따른 온도 변화.

그림 3에서 검증한 모델을 기초로 해서 3개의 히트싱크 모델을 추가해서 일정한 전력 변화 대비 나타나는 열 분포 특성을 비교하였다.

그림 4는 56, 114, 190, 405, 700[cm²]의 히트싱크를 연결했을 시 전력 손실을 10, 20, 30, 40, 50[W]로 변화시켰을 때의 온도 분포를 나타낸 것이다. 히트싱크 면적이 작은 경우 전력 손실이 증가할수록 그 변화폭이 크게 나타날 수 있었다.

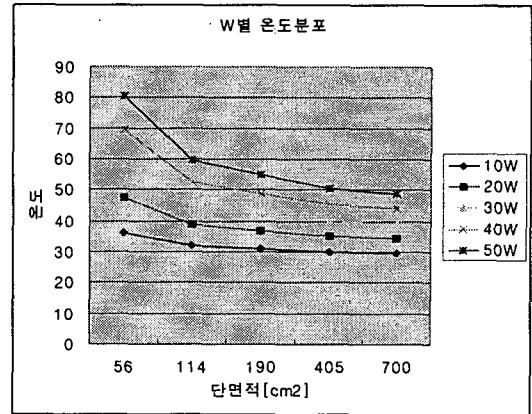


그림 4. 전력 손실 및 히트싱크를 변화시켰을 때의 온도 변화.

4. 결론

본 연구에서는 단일 IGBT를 사용해서 소자의 열적 분포를 열화상 카메라를 이용해서 촬영하였고, 이 결과를 ANSYS를 이용해서 구한 시뮬레이션 결과를 비교해서 거의 일치함을 얻을 수 있었다. 또한 히트 싱크를 연결한 경우의 열적 분포를 시뮬레이션을 하였으며, 히트 싱크의 면적과 전력 손실을 변화시켜 그 결과의 변화를 제시하였다. 본 연구의 결과를 토대로 반도체 소자에 인가되는 전력 레벨에 따른 히트싱크의 최적화 설계 조건을 얻을 수 있으리라 사료된다.

참고 문헌

- [1] B. Jayant Baliga, "Trends in power semiconductor devices", IEEE trans. on Electron Devices, vol. 43, pp. 1717-1731, Oct. 1996.
- [2] Kuang Shen, Stephen J. Finney, and Barry W, Williams, "The thermal stability of IGBT High-frequency operation", IEEE Trans. on Industrial Electronics, vol. 47, pp. 9-16, Feb. 2000.
- [3] Jia Tzer and loc Vu-Quoc, "A rational formulation of thermal circuit models for electrothermal simulation-Part I: Finite element method", IEEE Trans. on Circuit and Systems I : Fundamental and Applications, vol. 43, pp. 721-732, Sep. 1996.
- [4] Anis Ammous, Sami Ghedira, Bruno Allard, Herve Morel, and Denise Renault, "Choosing a thermal model for electrothermal simulation of power semiconductor devices", IEEE Trans. on Power Electronics, vol. 14, pp. 300-307, Mar. 1999.
- [5] Ansys 열전달 해석, (주)태성에스엔이, 2002.