

## IGBT의 열 특성 및 히트싱크 모델링

류세환, 배경국, 신호철, 안형근, 한득영  
건국대학교

### Thermal Characteristics and Heatsink Modeling for IGBT

Se-hwan Ryu, Kyung-Kuk Bea, Hochul shin, Hyung-Keun Ahn and Deuk-Young Han  
Konkuk Univ.

**Abstract :** As the power density and switching frequency increase, thermal analysis of power electronics system becomes imperative. The thermal analysis provides valuable information on the semiconductor rating, long-term reliability. In this paper, thermal distribution of the Non Punchthrough(NPT) Insulated Gate Bipolar Transistor has been studied. For analysis of thermal distribution, we obtained experimental and simulation results by using finite element simulator, Ansys and by using photographic infrared thermometer. we compared experimental date with simulation result. and got good agreement. Also this paper provided thermal distribution of IGBT connected to heat sinks and this results will be good information to design optimal heat sink for IGBT.

**Key Words :** Thermal ditribution, IGBT, Photographic infrared thermometer, ANSYS

### 1. 서 론

최근 전력 변환 시스템에서 사용 전력이 높아지고 스위칭 주파수가 높아짐에 따라 전력용반도체 소자의 열적 분석은 필수한 요소가 되었다. 이러한 이유로 최근 반도체 소자의 열적 특성을 해석하는 연구가 활발히 진행되고 있다[1]-[5]. 본 연구에서는 반도체 전력용 소자로서 널리 쓰이고 있는 IGBT에 대하여 실험과 시뮬레이션을 통해 열적 분포를 제시하였으며, 또한 히트싱크의 크기를 변경했을 시 나타나는 열적 분포를 시뮬레이션 하였다.

본 연구에서는 시뮬레이션 결과를 검증하기 위해 상용 소자를 사용하여 스위칭 발생하는 열적 분포를 열화상 카메라를 이용하여 측정하여 그 온도 분포를 비교하였다. 정확한 파라미터를 얻기 위해 소자에 히트 싱크를 연결하지 않고 실험하였으며, 그 결과 정확한 파라미터를 얻을 수 있었으며, 이를 적용하여 히트 싱크를 연결해서 열적 분포를 시뮬레이션 하였으며, 이를 실험 결과와 비교하였다. 실험에 사용한 히트 싱크를 그대로 모델링해서 했을 경우 실험에 비슷한 결과를 얻을 수 있었기 때문에 우리의 모델이 정확하다는 것을 검증하였으며, 이 모델을 이용해서 최적화된 히트 싱크를 제작하는데 필요한 구조와 파라미터를 제공할 수 있으리라 사료된다.

### 2. 실험 및 열적 분포 모델링

#### 2.1 실험장치

실험에 사용한 소자는 단일 NPT-IGBT소자로서 실험 회로는 전원부, 게이트 드라이브 회로, 소자, 부하부로서

구성된다. 그림 1은 실험을 통해 측정된 IGBT 소자에서의 열적 분포를 보여주고 있다.



그림 1. IGBT의 열화상 사진

#### 2.2 열적 분포 모델링

열적 분포를 모델링하기 위해 ANSYS를 사용하였으며, 구조는 소자의 크기를 그대로 적용하였으며, 시뮬레이터에 적용한 파라미터는 표 1에서 보여주고 있다[6].

표 1. 시뮬레이션에 적용된 물성적 파라미터건.

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

### 3. 시뮬레이션 결과 및 고찰

그림 2는 ANSYS를 통해 나타난 단일 IGBT 소자의 열적 분포이다. 그림 1에서 보여주는 온도 분포와 비슷한 최고 온도 분포를 나타내었으며, 이는 우리의 모델이 정확한 모델임을 검증한 것이다. 이를 토대로 히트 싱크를 연결했을 시의 온도 분포도 나타내었다.

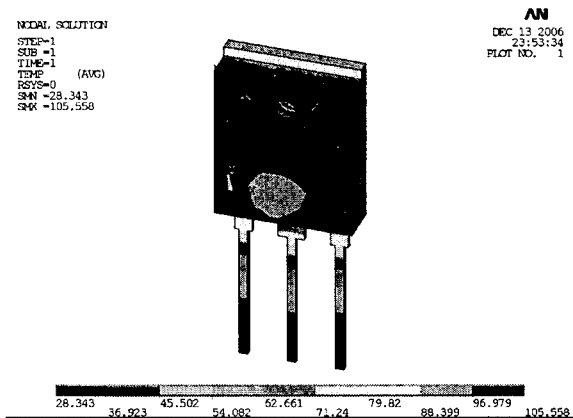


그림 2. IGBT의 열적 분포

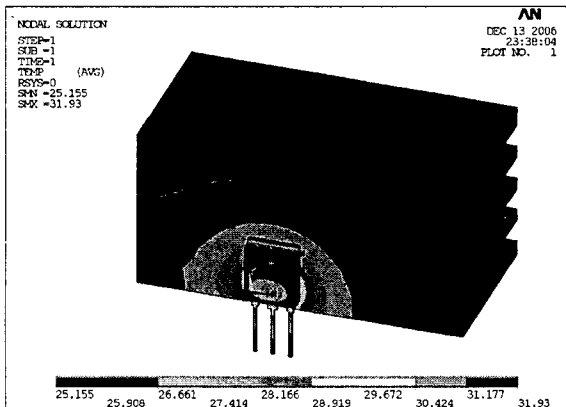


그림 3. 히트싱크를 연결했을 시의 열적 분포

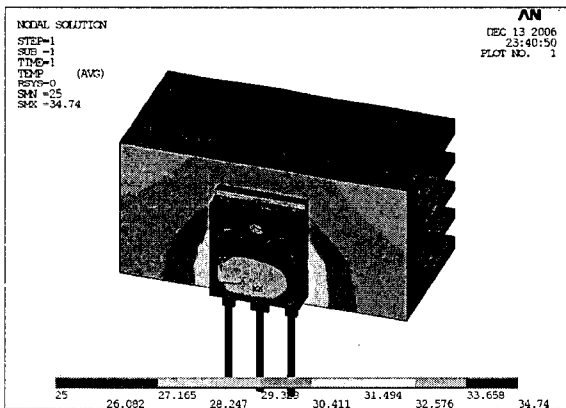


그림 4. 실험 시 사용한 히트 싱크의 1/2의 크기로 연결했을 시의 열적 분포

그림 3은 히트 싱크를 장착하고 시뮬레이션을 한 결과로서 온도는 거의 상온에 가까운 것을 알 수 있으며, 소

자의 크기 대비 너무 큰 것을 사용하였음을 알 수 있다. 이러한 점을 해결하기 위해 그림 4에서 보여주듯이 히트 싱크의 크기를 실험에 사용한 것 보다 1/2배되도록 설계해서 시뮬레이션을 하였다. 크기를 줄여도 크게 온도 변화가 나타나지 않음을 알 수 있었다. 이러한 결과를 통해 현재 사용되고 있는 히트 싱크인 경우 소자에 최적화된 것이 아니라 그냥 크기에 상관없이 적용되고 있음을 알 수 있었다.

### 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 크기를 변화시켜 그 결과의 변화를 제시하였다. 본 연구의 결과를 토대로 더욱 다양한 경우의 히트싱크를 적용해서 결과를 얻는다면 반도체 소자의 구조에 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] Allen R, Hefner and David L. Blackburn, "Thermal Component models for electrothermal network simulation", IEEE Trans. on Components, Packaging, and Manufacturing Technology, Part A, vol. 17, Sep. 1994.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] Ansys 열전달 해석, (주)태성에스엔이, 2002.