パワー半導体冷却用 Si 単一ペルチェ素子における過度的熱移動

Transient heat transfer of Si-based single Peltier devices for cooling power semiconductors

広島大ナノデバイス・バイオ融合科学研究所 [1], マツダ(株)[2]
○古林 寛 [1], 種平 貴文 [2], 米盛 敬 [2], 瀬尾 宣英 [2], 黒木 伸一郎 [1]
RNBS Hiroshima Univ.[1], Mazda Motor Corp.[2]
○FURUBAYASHI Yutaka[1], TANEHIRA Takafumi[2], YONEMORI Kei[2], SEO Norihide[2], and KUROKI Shin-Ichiro[1]
E-mail: (furuban, skuroki)@hiroshima-u.ac.jp

はじめに：パワー半導体の出力は、例えば車両動力源では短時間で激しく変動するため、それに追従する排熱機構が必要である。本研究では、高ゼーベック係数・高熱伝導性を有する Si を母体としたペルチェ素子の熱輸送を検証してきた[1]。今回、4H-SiC パワー半導体に搭載した Si ペルチェ素子初期駆動時における過度現象の観測・解析を行ったので報告する。

実験方法・結果：考察・解析を容易にするため、10 mm 角に切断した単独 n-Si 単結晶 (厚さ 0.625 mm、(100)面、抵抗率 0.014 Ωcm) をペルチェ素子として使用した(以下「n-Si」)。接触抵抗軽減のため、n-Si 両面に Al/$PtSi_x$ 薄膜をそれぞれ 1 μm, 150 nm 成膜した(図 1(a))。これを、熱電対を埋め込んだ金ブロック(10 mm 角)で挟み込んだ。SiC パワー半導体を模擬するため、図 1(b) に示す通り、n-Si と左側金ブロックの間に 4H-SiC 基板 (厚さ 0.35 mm) と銅板 (ペルチェ電流経路) を挿入し、金ブロックに接続されたヒーター(発熱側)と冷凍機(排熱側)によって温度差(1 K)を付加させた。図 2 に、n-Si にペルチェ電流 30A を流した際の発熱側と排熱側の温度(それぞれ T_S, T_D)の時間変化を示す。電流印可後約 1.0 秒まで、発熱側にて明瞭な温度低下が確認された。これらの温度差 ($T_S - T_D$) を一次元直列熱回路モデルにて解析し、ペルチェ由来の温度変化 ΔT_P と同由来応答時間 τ_P を算出した(図 3)。ΔT_P と電流との関係より、n-Si 試料のゼーベック係数は 710 μV/K と見積もられ、先行研究[2]とほぼ同等の結果となった。また、τ_P は約 0.2 秒と算出され、パワー半導体の出力変動に充分追従出来る性能を有すると考えられる。

謝辞：本研究は NEDO 未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合(TherMAT)のプロジェクトとして行われている。

[1] Y. Furubayashi et al., Mater. Res. Forum **858**, 1107 (2016).
[2] S. Fukuda et al, Jpn. J. Appl. Phys. **52** 054201 (2013).

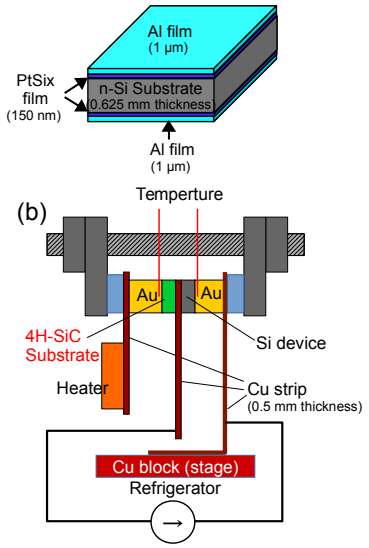

Figure 1. (a) Si-based single Peltier device. (b) An apparatus for thermoelectric measurements. Current flows through center Cu strip between Si and the 4H-SiC substrate.

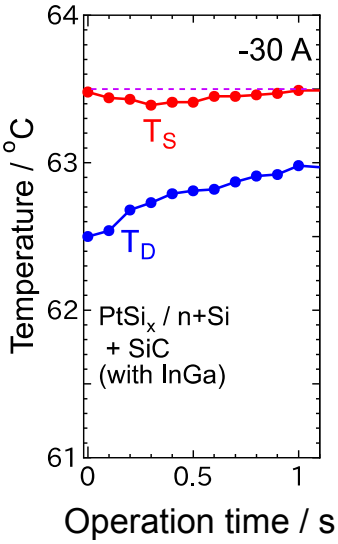

Figure 2. Time dependence of T_S and T_D during an operation of with current of 30 A.

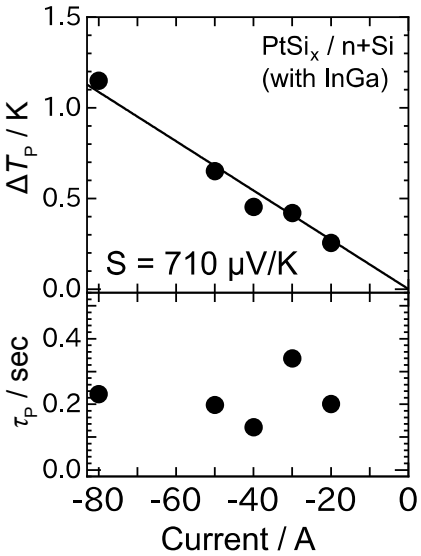

Figure 3. Peltier-relatied temperature difference ΔT_P and response time τ_P as a function of operation current.

© 2016年 応用物理学会