

# 単結晶 Si の高熱電能・高熱伝導を用いたパワーデバイスの自己冷却

## Self-cooling on a power device using high thermoelectric-power and high thermal-conduction of single-crystalline Si substrates

横国大工<sup>1</sup>, 防衛大理工<sup>2</sup>, 中部大工<sup>3</sup> ○中津川 博<sup>1</sup>, 岡本 庸一<sup>2</sup>, 山口 作太郎<sup>3</sup>

Yokohama National University<sup>1</sup>, National Defense Academy<sup>2</sup>, Chubu University<sup>3</sup>

○Hiroshi Nakatsugawa<sup>1</sup>(E-mail: [naka@ynu.ac.jp](mailto:naka@ynu.ac.jp)), Yoichi Okamoto<sup>2</sup>, Satarou Yamaguchi<sup>3</sup>

はじめに MOSFET や IGBT, CPU に代表される Si パワーデバイスは、近年、ハイブリット車や鉄道車両のモータ制御に必要な不可欠なデバイスとなってきた。しかし、電子機器の小型化に伴い Si パワーデバイスの発熱は無視できない問題になってきている(最高許容温度: 150°C)。この問題を解決する為に、従来の空冷・水冷ヒートシンクに加えて、最近では、ヒートパイプや次世代 SiC パワーデバイスへの移行といった手段が検討されている。しかし、Si パワーデバイスの発熱抑制という根本問題は何も解決されていない。本研究では、山口が提唱した自己冷却デバイスの概念[1]を発熱抑制の手段として採用し、実際に、その冷却効果を実証することを研究目的としている。

**実験方法** 両面 Sn 鍍金処理された単結晶 n 型 Si ( $\sigma=100\text{S/cm}$ ,  $S=545\ \mu\text{V/K}$ ,  $\kappa=148\text{W/mK}$ @室温)を厚さ 1cm の銅片で挟み、上部の銅片は市販のパワーデバイス(IRF1324PbF)のドレイン電極と半田で電氣的に接合し、下部の銅片は水冷ヒートシンクと接着して、図 1 のような自己冷却デバイスを作製した。ここで、冷却源は水温が冷却水循環装置(CA-1112)によって常に  $5\pm 2^\circ\text{C}$  に保持された水冷ヒートシンクであり、発熱源は  $V_G = 10\text{V}$  一定で  $I_D = 30\sim 60\text{A}$  が流されたパワーデバイスである。その冷却効果は、パワーデバイスの表面温度を 5 秒毎 60 分間測定し、単結晶 Si の有無で比較して評価された。

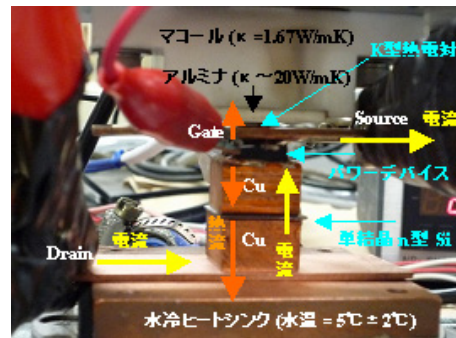


図 1. 自己冷却デバイス

**結果と考察** 図 2 に  $I_D = 40\text{A}$  におけるパワーデバイス表面温度の時間変化を(i)単結晶 n 型 Si を挟んだ場合(赤)と(ii)挟まない場合(黒)についてそれぞれ示した。(i)の場合は表面温度が約 30°C に飽和したが、(ii)の場合は約 33°C に飽和し、単結晶 Si を挟んでドレイン電流を通すことにより、パワーデバイスの表面温度を約 3°C 冷却する事に成功した。表面温度の時間変化は十分安定しており、定常状態にあると判断できる。講演では詳細について議論する予定である。

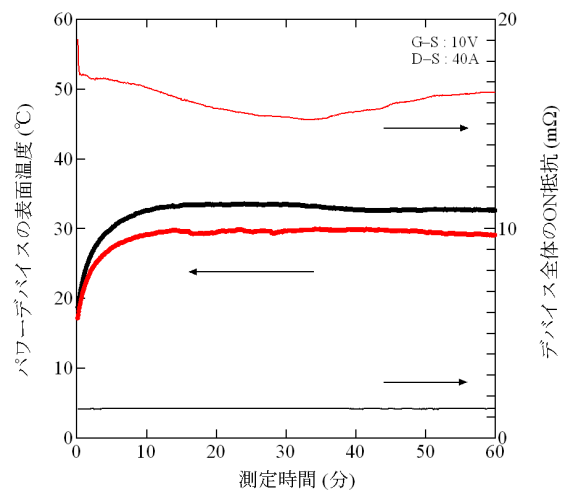


図 2. パワーデバイスの冷却効果

[1] S. Yamaguchi, ULVAC 52 (2007) 14.