

## 極薄ペルチェモジュール及び精密温度制御システムの提案と実証

### Proposal of thin Peltier module and precision temperature control system

埼玉大<sup>1</sup>, 学振 DC1<sup>2</sup>, °篠崎諒<sup>1</sup>, 長谷川靖洋<sup>1</sup>, 大塚美緒子<sup>1,2</sup>, 有坂太一<sup>1</sup>

Saitama Univ.<sup>1</sup>, JSPS DC1<sup>2</sup>, °Ryo Shinozaki<sup>1</sup>, Yasuhiro Hasegawa<sup>1</sup>, Mioko Otsuka<sup>1,2</sup>, Taichi Arisaka<sup>1</sup>

E-mail: shinozaki@env.saitama-u.ac.jp

#### 【背景】

近年発表されたインピーダンススペクトロスコピー法(以下 IS 法)により、熱電変換素子の無次元性能指数  $ZT$  の周波数応答性が示された<sup>1,2</sup>。例えば一般的な BiTe を用いたペルチェモジュールの場合、Fig.1 に示した様に定常状態での  $ZT$  は 0.8 程度である。周波数応答性は熱電変換素子の熱拡散率  $\alpha$  と長さ  $L$  によって決まり、BiTe の熱拡散率  $\alpha$  が  $10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  程度、長さ  $L$  が数 mm のため数十 mHz となる。そこで BiTe よりも熱拡散率  $\alpha$  が大きく、長さ  $L$  を短く制御でき、 $ZT$  が比較的大きいコンスタンタンについて  $ZT$  周波数応答性の計算を行った。Fig.1 に示した様に、定常状態での  $ZT$  は 0.04 と BiTe よりもかなり小さいものの、数 Hz 以上で BiTe の  $ZT$  を上回る。また周波数応答性も数十 Hz 程度と高く、40Hz の場合熱伝導方程式による見積もりから 1 mK 以下の温度制御が可能である。本研究は熱応答性に注目し、従来のペルチェモジュールだけでは行えなかった 1mK 以下の精密温度制御を可能にする新たなデバイスとシステムの提案・実証を行う。

#### 【極薄ペルチェモジュール及び精密温度制御システムの提案と実証】

提案する極薄ペルチェモジュールと従来のペルチェモジュールを用いた精密温度制御システムの概要を Fig.2 に示す。極薄ペルチェモジュールの材料は(1)大きなペルチェ熱を運ぶためゼーベック係数  $S$  が大きいこと(2)加工が容易であることの2点を満たす銅-コンスタンタンを選択する。極薄ペルチェモジュールの周波数応答性を数十 Hz 程度にするためには厚さ  $L$  が数百  $\mu\text{m}$  程度必要なので、銅-コンスタンタン部は電解めっき法により形成する。また極薄ペルチェモジュールの銅-コンスタンタンそれぞれの抵抗  $R$  と熱コンダクタス  $K$  の積を等しくするため、 $\Pi$  型ではなく Fig.2 の様な形状にする。精密温度制御を行うために熱電対などと比較して応答速度が速く非接触で温度検出可能な赤外線検出素子を使用し、その検出信号をもとにフィードバック温度制御が可能であるかを実証していく。

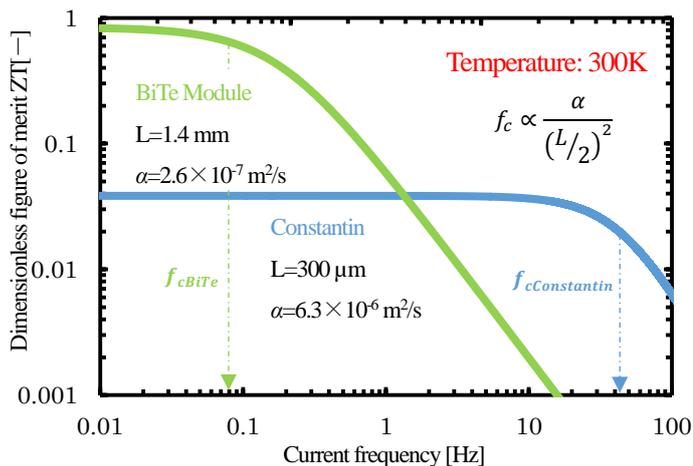


Fig.1: Frequency dependence of  $ZT$

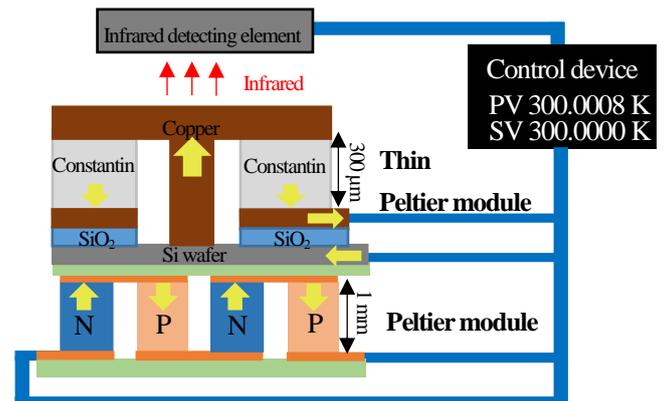


Fig.2: Schematic diagram of precise temperature control system with thin Peltier module on conventional one

#### 【参考文献】

- 1 M.Otsuka et al., Applied Physics Express **10**,115801(2017)
- 2 Y.Hasegawa et al., AIP Advances **8**,075222(2018)