# 均一温度環境下での発電を可能にするメタマテリアル熱電変換素子

## Thermoelectric Generation under Uniform Temperature Environment enabled by Metamaterial Thermoelectric Device

東京農工大，○(M1)朝倉拓也，久保若奈

Tokyo Univ. of Agri. and Technol. (TUAT), ○Takuya Asakura, Wakana Kubo

E-mail: w-kubo@cc.tuat.ac.jp

熱電変換素子は，廃熱エネルギーを電気に変換し再利用を可能にする素子で，さらなる高出力化が求められている．熱電変換素子は素子内の温度勾配が誘起するゼーベック効果によって熱を電気に変換する．このため，周囲温度が均一な環境下では素子内の温度勾配が消失し，発電ができない．そのような均一温度環境下でも発電を可能とする熱電変換素子を実現するために本研究は，メタマテリアル素子によって熱電変換素子に新たな温度勾配を誘起し，均一温度環境下においても熱電発電を実現する機構を提案した．

メタマテリアル素子 (Metamaterial Perfect Absorber: MPA)は電磁波（熱輻射）を吸収する吸収体である．MPA 構造が熱輻射を吸収すると，外部電場のエネルギーが構造内のキャリアの共振エネルギーに変換されることにより電磁波のエネルギーが吸収される．吸収されたエネルギーはやがてジュール熱となって構造内の局所的な熱に変換される．メタマテリアル素子を熱電変換素子の片側のみに装着すると，MPA 構造は均一温度環境から放出される熱輻射を吸収し，吸収したエネルギーは局所的な熱となって熱電変換素子に伝搬し，素子内には新たな温度勾配が生じる．この機構によって均一温度環境における発電が可能かを検証するために，MPA 構造を形成した電極を有する熱電変換素子を作製し，素子を均一温度環境下に設置したときの熱電出力を検証した．

ビスマステルル ($Bi_2Te_3$)熱電変換素子の両端に，表面に MPA 構造を作製した銅 (Cu)電極 (MPA 電極)と MPA を持たない Cu 電極 (比較電極)を装着し，MPA 素子とした (Fig. 1(a)). MPA 素子と，$Bi_2Te_3$ 素子両端に比較電極のみを装着した比較素子のそれぞれを均一温度環境下で加熱し，出力電圧を測定した結果を Fig. 1(b)に示す．どの環境温度においても MPA 素子の出力電圧は比較電極のそれらよりも大きくなり，100 ˚C のときでは 3.4 倍の出力向上が確認された．均一温度環境において熱電発電する機構を実現したと言える．また MPA 素子の出力電圧の温度依存性は，MPA 素子が均一温度環境から吸収した吸収エネルギー密度に比例することを確認した(Fig. 1(b) 黒線)．この結果から，均一温度環境における熱電発電が MPA 素子の熱輻射エネルギーの吸収に起因することを確認した．

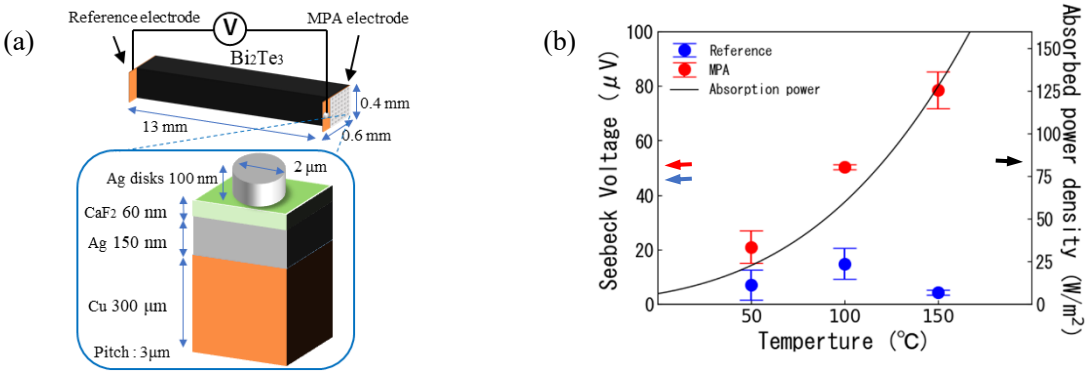


Fig. 1(a) Schematic of a $Bi_2Te_3$ thermoelectric device with the MPA-fabricated electrode and an enlarged cross-sectional image of the MPA structure, (b) comparison of Seebeck voltages generated on the MPA device (red plot) and a reference device (blue plot), and the power density absorbed by the MPA (black line).