

赤外吸収メタマテリアルによる熱電出力の向上

Enhancement in Output Power of Bi_2Te_3 Thermoelectric Device by Infrared Metamaterial Absorber

東京農工大, [○](B)朝倉拓也, 勝俣翔平, 久保若奈

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

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

熱電変換素子は、廃熱エネルギーを再生できる素子としてさらなる高効率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圧に変換する。発生する電圧は素子内の温度勾配に比例するため、熱電変換で得られる出力電圧を向上させるためには、素子内の温度勾配を増加する必要がある。そこで本研究は、熱源の熱輻射エネルギーを吸収し発熱するメタマテリアルを熱電変換素子の一端の電極上に形成し、熱電変換素子内の温度勾配を増大して出力電圧を向上させることを試みた。

完全吸収メタマテリアル構造 (Metamaterial Perfect Absorber : MPA)は金属層、誘電体層、金属微小構造体の三層で構成される構造である。MPA 構造に電磁波が入射すると、構造内で磁場共鳴を励起し、共鳴波長における吸収はほぼ 100%となる。そして吸収エネルギーの一部は吸収損失によって、局所的な熱へと変換される。メタマテリアルが熱源から放射される熱輻射を吸収して局所的な熱が発生すれば、その熱を熱電変換素子に与えることができ、熱電変換素子の温度勾配が増加、結果的に出力を向上できると考えられる。MPA による出力向上が可能か検証するために、本研究では熱輻射の代わりに赤外光を照射して発電特性を評価した。

ビスマステルル (Bi_2Te_3)熱電変換素子の一端に MPA 構造を形成した銅 (Cu)電極 (MPA 電極)を、別の一端にはフッ化カルシウム (CaF_2)のみを塗布した Cu 電極 (比較電極)を装着した。MPA は銀 (Ag)薄膜、Ag ディスクと誘電体層の CaF_2 で構成した (Fig. 1(a))。それぞれの電極に波長 $6.1\ \mu\text{m}$ 、強度 $12\ \text{mW}$ の赤外光を照射した時に発生した出力電圧 (ゼーベック電圧)を測定した。その結果、MPA 電極への赤外光照射では $83\ \mu\text{V}$ が、比較電極への照射では $30\ \mu\text{V}$ の出力電圧が得られ、MPA 電極への光照射は比較電極よりも高い出力電圧が得られた。MPA により熱電変換素子の温度勾配が増加し出力電圧が向上したといえる。Fig. 1(b)に照射光強度を変化させたときの発生ゼーベック電圧を示す。MPA 電極への照射ではゼーベック電圧が照射光強度依存性を示したのに対し、比較電極への照射では顕著な照射光強度依存性は確認されなかった。赤外光強度 $32\ \text{mW}$ 照射時に発生したゼーベック電圧から、MPA が熱電変換素子に誘起した追加の温度勾配は、約 $+1.4\ ^\circ\text{C}$ と見積もった。

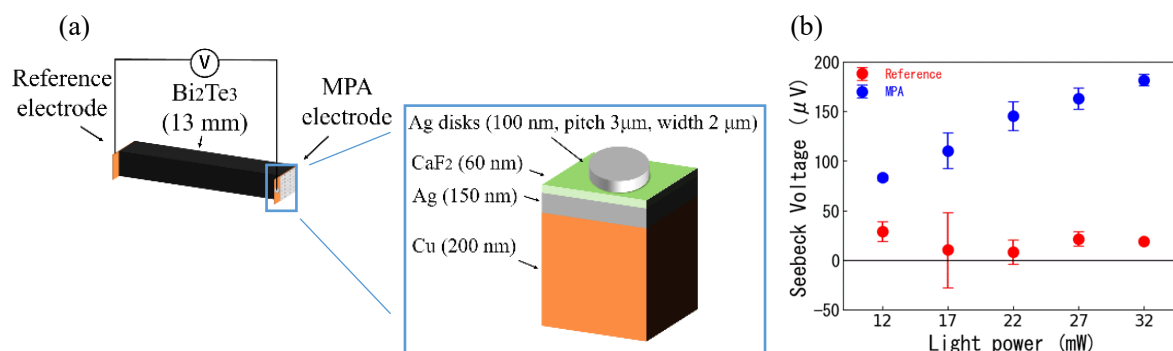


Fig. 1(a) Schematic of the MPA electrode attached on a Bi_2Te_3 thermoelectric device, (b) Dependence of Seebeck voltages on light power with irradiation on the MPA electrode (blue) and on a reference electrode (red).