

フォトニック結晶を用いた放射冷却による熱電発電に関する検討

photonic crystal thermoelectric conversion

慶大理工¹ ○(B) 四方田彩花, (M2) 菅野凌, 田邊孝純

Keio Univ., °Ayaka Yomoda, Ryo Sugano, Takasumi Tanabe

E-mail: a.yomoda@phot.elec.keio.ac.jp

異種導体を接続し, その接合部に温度差を与えると起電力を生じる. この現象はゼーベック効果とよばれ熱電発電の基本原則である. 現状は廃棄されている環境中の粗雑な熱を, 熱電変換によって電気エネルギーとして利用する研究が近年進められている. 熱電変換を行うには, 熱電材料間に温度差を発生させる必要がある. 現在メタマテリアルなどの方法を用いて熱電材料の片側の長波長域の吸収率を変化させることによって, 放射冷却効果やプラズモン共鳴による局所発熱効果に差をつける方法が提案されている [1, 2].

本研究ではフォトニック結晶によって放射冷却効果を制御することで, 熱電材料間に温度差を発生させることを提案するものである. 室温環境中での代表的な熱電材料であるテルル化ビスマス的一端にシリカで構成された微小構造を付加することによって発生する起電力を計算した.

はじめに, 先行研究で提案された, シリカと銀で構成された微小周期構造が持つ放射冷却効果の妥当性を検討した [3]. Fig. 1(a)に検討した構造について示す. 構造の放射率の波長依存性は先行研究では FDTD 法のみで計算されていたが, FDTD 法, RCWA 法を用いて波長依存性を厳密に求めた. 結果は Fig.1(b)に示される通り一致した.

次に, 長さ 1mm のテルル化ビスマスの一端に微小構造が付加されている状況を考え, 一次元非定常熱伝導方程式を解いた. この時に用いたテルル化ビスマスの物性値は先行研究に従った [4]. 計算の結果, 放射冷却効果により微小構造を付加した面は2秒程度で収束し, 温度差0.07 K, 発電能力として 5.9 mW/m² が得られることがわかった.

今後は, 急峻な波長依存性を有する微小構造を設計し, 室内の環境温度と屋根の裏面の温度に差があるような場合での, 室内での利用においてどの程度の性能を示すか調査する予定である.

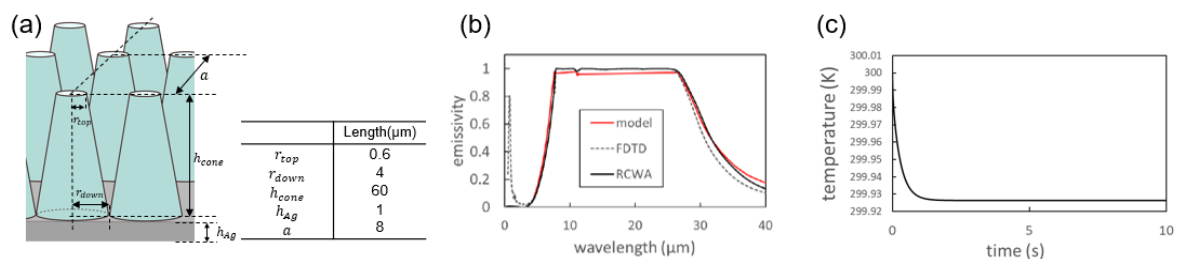


Fig. 1 (a) geometry used for calculation. (b) Calculated emissivity of the structure. Red line is a reference line. (c) Calculated time dependence of temperature at the one surface of Bi₂Te₃. We assumed that the ambient temperature is 300 K.

謝辞: 本研究を進めるに当たり有益な議論をしていただきました, 久保若奈先生 (東京農工大学) に感謝申し上げます.

[1] T. Asakura *et al.*, arXiv. [2] A. P. Raman *et al.*, *Joule*, **3**, 2679 (2019). [3] Y. Li *et al.*, *Energy Rep.* **8**, 852 (2022). [4] S. Katsumata *et al.*, *Opt. Express* **29**, 16396 (2021).