

# メタマテリアル熱電変換と非放射冷却 Metamaterial Thermoelectric Conversion and Nonradiative Cooling

久保 若奈

Wakana KUBO

東京農工大学

Tokyo University of Agriculture and Technology

## 概要

熱電変換は、環境中に存在する未利用熱エネルギーを再利用する有望な技術といえる。ただ、温度分布が比較的一様な、いわゆる均一な熱放射環境下では、素子上の温度勾配が消失するため、一般には熱電変換は起こらない。

それを克服するために我々は、均一温度環境においても発電可能なメタマテリアル熱電デバイスを提案・実証した。<sup>1-4</sup> このデバイスでは、熱電素子の一端のみに、銀薄膜層とフッ化カルシウム層を挟んだ銀マイクロディスクで構成されるメタマテリアル吸収体(MA)を導入した。MAは周囲媒質から放射される熱放射を吸収し、吸収損失によって局所的な加熱を生じる。この局所的な加熱は熱電素子へと伝導伝搬し、新たな温度勾配を形成する。その結果、熱電素子上に温度勾配が誘起され、ゼーベック効果により熱電発電が駆動する。

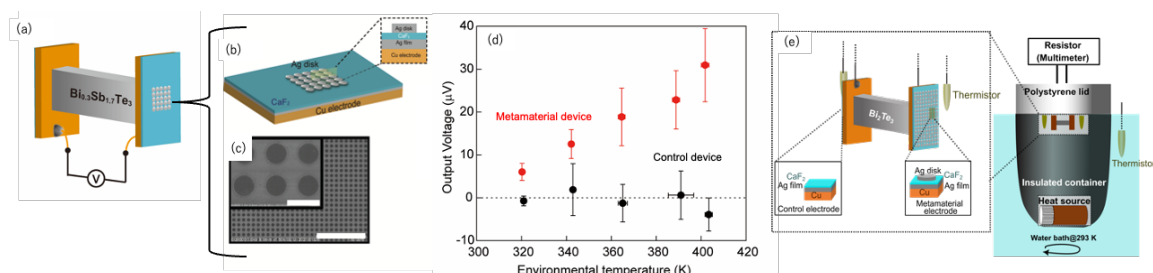


Fig. 1 (a) メタマテリアル構造および、(b) メタマテリアル電極の模式図。(c) メタマテリアル構造の表面電子顕微鏡写真。(d) メタマテリアル熱電デバイスと(赤)比較デバイス(黒)で生成した熱電電圧と環境温度の関係。(e) メタマテリアル非放射冷却の実験模式図。

## Abstract

Thermoelectric conversion is a potential technology for recycling weak thermal energy existing in the environments, and the thermal gradient across a thermoelectric device is the key to convert heat energy into electricity. It means that thermoelectric conversion cannot occur in an environment with uniform thermal radiation where the thermoelectric element does not experience a thermal gradient owing to thermal equilibrium.

Here, we propose a metamaterial thermoelectric device that can generate electricity even in a uniform-temperature environment.<sup>1-4</sup> We introduced a metamaterial absorber (MA), which comprised a silver mirror layer and silver microdisk arrays sandwiching a calcium fluoride layer, at the one end of a thermoelectric device made of bismuth antimony telluride. The MA absorbs thermal radiation emitted from the surrounding medium, resulting in local heat generation because of absorption loss. The local heating propagates to the thermoelectric device, leading to an additional thermal gradient. The heating efficiencies of the MA electrode and the opposite electrode of the device are unbalanced, which induces the Seebeck effect and results in electricity generation.

References: [1] R. Nakayama, S. Sohei, T. Tanaka, and W. Kubo\*, Nanophotonics, 13, 1361-1368, 2024. [2] N. Kawamura, T. Tanaka, and W. Kubo\*, ACS Photonics, 11, 1221-1227, 2024. [3] S. Hirobe, S. Wredh, J. K. W. Yang, and W. Kubo\*, Applied Thermal Engineering, 256, 124080, 2024. [4] S. Katsumata, T. Tanaka, W. Kubo\*, Opt. Express, 29, 16396-16405 (2021).