

金属 - 誘電体多層膜の構造最適化による高効率日中放射冷却

Structure Optimization of Metal-Dielectric Multi-Layer for High-Efficiency Daytime Radiative Cooling

岡山大学, °須一 貴啓, 石川 篤, 林 靖彦, 鶴田 健二

Okayama Univ., °T. Suichi, A. Ishikawa, Y. Hayashi, and K. Tsuruta

E-mail: a-ishikawa@okayama-u.ac.jp

日本の夏季ピーク時の家庭電力需要のうち、53%が冷房による電力需要である[1]。さらに、年間を通しての電力需要においても冷却・加熱機器が全体の 50%占めている。このような背景から、電力を消費せずに物体を効率的に冷却できる技術の開発がエネルギー問題解決に極めて重要であると考えられる。そこで本研究では、電力を消費しない冷却機構として、放射冷却に着目した。放射冷却は、プランクの法則に従い、物体が熱を電磁波として外部に放出することで温度が低下する現象であり、冷房による電力需要を大幅に抑制できる可能性がある。ところが日中においては、太陽光の吸収に伴う発熱が放射冷却熱量を大きく上回るため、その実現は困難である。これに対して本研究では、発熱の原因となる可視光を反射し、熱放射を担う中赤外光を選択的に放射する金属 - 誘電体多層膜を設計した[2]。図 1 に放射冷却デバイスの構造モデルを示す。可視光領域に高い反射率を示す Ag ミラー上に、中赤外領域に強い吸収を示す SiO₂ と、SiO₂ と PMMA からなる紫外線反射層を積層した。さらに、構造の層数と膜厚を最適化し、デバイスの放射冷却熱量を最大化した。図 1 (a) に示す初期条件の膜厚と層数を上限とし、ステップ数 1000 回で焼きなまし法による最適化を行った。図 2 に気温 300 K, AM1.5G 照射下におけるデバイスの熱収支の解析結果を示す。熱収支が 0 であることを示す一点鎖線と、各グラフの交点が、それぞれの条件における平衡温度をあらわす。構造最適化されたデバイスの平衡温度は 292.5 K であり、Ag 上に積層された誘電体多層膜の熱放射によって Ag ミラー単体と比較して 14.5 K 温度低下していることがわかる。

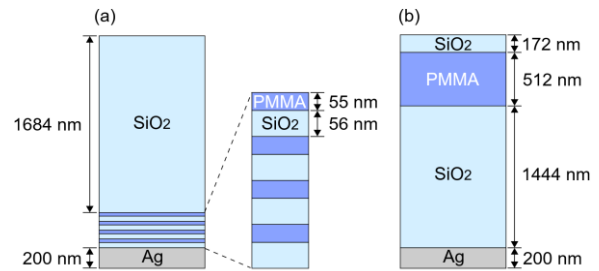


Fig. 1: Schematic of (a) initial and (b) optimized daytime radiative cooling device.

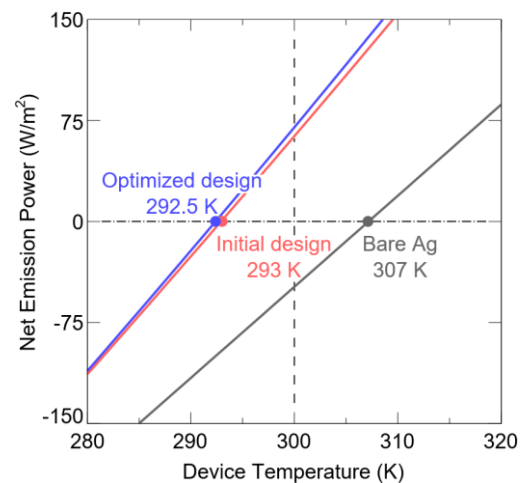


Fig. 2: Net emission power for initial and optimized daytime radiative cooling device (red and blue) and bare Ag reflector (gray).

講演では、以上の構造最適化に基づき行ったデバイスの作製とその評価についても議論する。

謝辞

本研究の一部は、岡山大学自然生命科学研究支援センターの援助により行われた。

参考文献

- [1] 夏期最大電力使用日の需要構造推計（東京電力管内）平成 23 年 5 月，資源エネルギー庁。
- [2] A. P. Raman, *et al. Nature* **515**, 540-544 (2014).