

VO₂を用いた誘電体メタサーフェスにおける適応型放射冷却

Adaptive radiative cooling based on dielectric metasurface mediated by VO₂

阪大院工¹, 阪大フォトリクスセ² 高瀬 博章¹, ○高原 淳一^{1,2}

Osaka Univ.¹, Photonics Center², Hiroaki Takase¹, ○Junichi Takahara^{1,2}

E-mail: takahara@ap.eng.osaka-u.ac.jp

低炭素社会の実現のためには 200℃以下の中低温域の熱エネルギーの有効利用が必要である。放射冷却素子は地上の物体 (300K) と宇宙背景放射 (3K) との輻射温度の差を利用して輻射伝熱により物体を冷却するため、冷却に電力を必要としないため注目を集めている。放射冷却素子は大気の窓の波長域 ($\lambda=8\text{--}13\mu\text{m}$) に熱輻射を集中させることで効率的な冷却を行っている。近年、金属・絶縁体相転移材料として知られる二酸化バナジウム (VO₂) を用いたプラズモニックメタサーフェス (PMS) により温度に応じて輻射率を可変できる適応型放射冷却素子が提案されている [1,2]。PMS は基板に金属層を用いるため可視光域で不透明であり、これは冷却のため太陽光パワーを遮断するにも有効である。一方でもし可視光を透過して再利用できれば、窓材や太陽電池の冷却などへも応用を拡張できる [3]。

我々は VO₂ 薄膜上にシリコンメタサーフェスをもつ誘電体メタサーフェス (DMS) 型の放射冷却素子を提案し、吸収スペクトルのスイッチングを報告した [3]。本研究では本素子の熱輻射スペクトルを測定し、転移温度前後のスイッチング動作を実験的に確認したので報告する。

本研究で作製したメタサーフェス構造を Fig.(a)に示す。Si (100)基板上に VO₂ 薄膜 300nm と高さ 800nm、直径 2.4 μm のシリコン Mie 共振器を周期 5 μm で配列した。メタサーフェスの高温 (70~100℃) および室温 (23℃) の熱輻

射スペクトルを真空中で FT-IR にて測定した。結果を Fig.(b)に示す。室温では熱輻射は抑制されているが、VO₂ の転移温度 68℃以上の高温時においては相転移により大気の窓中の $\lambda\sim 9.5\mu\text{m}$ において熱輻射ピークが観測された。

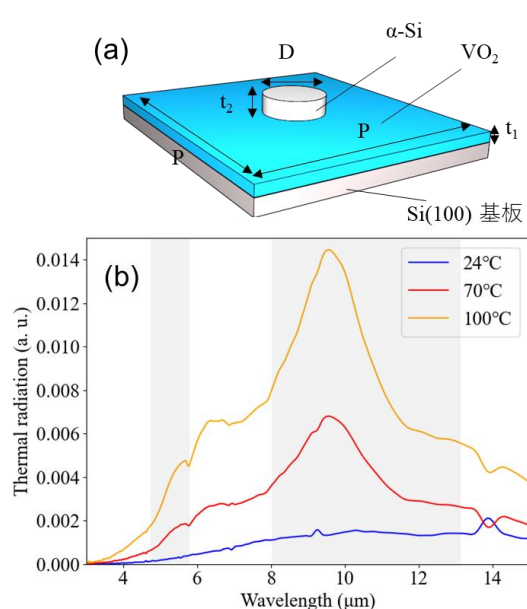


Figure (a) Schematic view of a meta-atom, (b) thermal radiation spectra at $T=24, 70$ and $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Gray areas are atmospheric windows.

謝辞：本研究は JSPS 研究拠点形成事業 Core ToCore プログラムおよび科研費 JP19H02630 の支援を受けて行われた。

参考文献: [1] K. Ito, *et al*, Appl. Phys. Photonics 3, 086101 (2018). [2] S.R. Wu, *et al*. Sci. Rep. 8, 7684 (2018). [3] 高瀬ら、第 81 回応物秋季学術講演会 10p-Z17-6 (2020).