

銀薄膜より高い太陽光反射率を持つ多層膜を用いた日中放射冷却

Multilayers having higher solar reflectance than silver film for daytime radiative cooling

¹物材機構, ²筑波大, ³JST さきがけ, ⁴北大; [○]石井智^{1,2,3}, エルナンデス・ダビード¹,
ニコラウス・タンジャヤ^{1,2}, 長尾忠昭^{1,4}

¹NIMS, ²Univ. of Tsukuba, ³JST-PRESTO, ⁴Hokkaido Univ.; [○]Satoshi Ishii^{1,2,3}, David Hernández¹,
Nicholaus Tanjaya^{1,2}, Tadaaki Nagao^{1,4}

E-mail: sishii@nims.go.jp

日中放射冷却では、太陽光を反射しつつ上空への熱放射するため試料が冷却する。そのため、太陽光反射率を 100% に近づけると、大気の窓と呼ばれる中赤外域の放射率を 1 に近づけることが重要である。さて、真夏の典型的な条件として太陽光強度 1000 W/m²、試料からの熱放射と大気の熱放射との差として 100 W/m² をそれぞれ仮定する。この場合、放射冷却能力に与える影響は太陽光反射率を 1% 高めることと放射率を約 10% 高めることが同等となり、太陽光の吸収が放射冷却効果を容易に相殺しうることが分かる。そのため、太陽光反射率を極限まで高くすることが日中の放射冷却能力向上に欠かせない。

太陽光反射素材として、銀薄膜が用いられることが多い。その理由として、銀薄膜は成膜しやすく、太陽光の主要スペクトル範囲である可視から近赤外の反射率が 98~99% と高いからである。しかし、銀薄膜の紫外反射率は低いため、太陽光エネルギーに占める紫外成分は約 5% ではあるものの、銀薄膜単層では太陽光反射率 99% を達成することはできない。

本研究では、銀薄膜と誘電体多層膜を積層することで紫外から近赤外に渡って高い反射率を維持し、太陽光反射率 98.7% を達成したことを報告する。銀薄膜に誘電体多層膜が接していると、銀薄膜と誘電体多層膜との多重反射が起きて新たな吸収が生じて高帯域高反射を実現できない。他方、太陽光はインコヒーレント光であるため、銀薄膜と誘電体多層膜が光学的に十分離れていると多重反射は起きない。今回、酸化タンタルと酸化ケイ素からなる誘電体多層膜と銀薄膜を両面研磨されたサファイア基板の表と裏に成膜した。本誘電体多層膜は波長 300~370 nm で高い反射率を持つように設計したものである。この試料は基板を含めて酸化物であるため、誘電体多層膜側は中赤外域で約 0.9 と高い放射率を得られる。誘電体多層膜の上にポリマー層を塗布すると、放射率の帯域を大気の窓より広くできる。

作製した試料を屋外に設置し、試料近傍で直射日光を遮って測定した気温と試料との温度差を測定したところ、常に気温以下となることを確認した(測定日: 2022 年 5 月 18 日)。また、この試料を基板の裏面に銀薄膜が成膜されただけの試料と比較すると、前者の方がより低温になった。本構造の利点として、設計が単純であることと、スパッタ成膜で作製できるため大面積化可能であることが挙げられる。