

銀ナノ石畳 (NASIP) のユニークな光学応答

Unique optical responses of silver nano pavement (NASIP)

富士フイルム先端コア技術研究所 [○]納谷昌之、安田秀樹、谷武晴

FUJIFILM, Frontier core-technology laboratories, [○]Masayuki Naya, Hideki Yasuda, Takeharu Tani

E-mail:masayuki.naya@fujifilm.com

我々は、光の反射、透過、吸収特性などが物理的に設計でき、かつ量産性に優れるメタサーフェスとして、銀ナノ平板微粒子を単層にランダムに分散した構造である「銀ナノ石畳 (NASIP)」を開発し、この構造を用いて、可視光と電波に対しては透明で近赤外光のみを反射する日射遮熱フィルムや、可視光に対する反射防止構造を実現してきた¹⁻²⁾。それらの機能は、NASIPが有する近接場光学に基づいたユニークな光応答特性によるものである。NASIPの光学応答特性は電磁気学的な数値計算 (FDTDシミュレーション) によって予測され、実験によって検証されてきた¹⁻²⁾。しかし、それらが生じる物理的理由に関してはいまだに不明確な点が残っている。本報告では、以下の光学応答特性が生じる理由について考察する。

(1) プラズモン共鳴波長が平板の径および厚みに依存する。

波長より小さなサイズの金属微粒子に光が照射される状態は、光を交流電源、近接場光を電気容量 (C)、金属微粒子自体をインダクタンス (L)、レジスタンス (R) とみなすことができるため、金属ナノ微粒子はLCR回路と等価となる³⁾。微粒子の径あるいは厚みによって主にインダクタンスLの値が変わることが、共鳴波長の形状依存性の原因と考えられる。

(2) 近赤外領域まで単一波長共鳴が得られる

球形微粒子の場合、球の径を大きくすればプラズモン共鳴波長は長波化するが、近赤外領域まで長波化すると、可視領域にも同時に共鳴が生じてしまう。しかし、平板微粒子の場合、近赤外領域まで単色の共鳴を得る事ができる。これは、平板微粒子の場合には電磁波の進行方向に対する相互作用長が波長よりも充分小さいため、共鳴モードが単一になることが原因と考えられる。

(3) 微粒子の密度が高くなるとプラズモン共鳴波長での吸収が減少し、反射が増加する。

共鳴時には入射光とプラズモンの位相関係が同じになり、光は銀微粒子に吸い込まれるため、微粒子の個数が増せば吸収が増えるはずだが、高密度の状態ではその逆になっている。これは、平板微粒子の密度が高いときにプラズモン共鳴で発生する強い近接場光 (ホットスポット) の電場の位相が入射光とは逆になることで生じる現象と考えられる。

参考文献

- 1) Takeharu Tani, Shinya Hakuta, Naoharu Kiyoto and Masayuki Naya, Opt. Exp. **22**, 9262 (2014).
- 2) 安田英紀、松野 亮、谷 武晴、納谷 昌之、第62回応用物理学会春季学術講演会予稿集、**12a-A12-6 (2015)**.
- 3) Nader Engheta, Alessandro Salandrino, and Andrea Alu, Phys. Rev. Lett. **95**, 095504 (2005)..