

面外四重極子共鳴を利用した Ag/TiO₂ 積層ナノアンテナの光学特性と発光制御

Optical properties and luminescence control of Ag/TiO₂ stacked nanoantennas using out-of-plane quadrupole resonance

京大院工 〇(D1) 羅 天易, 村井 俊介, 田中 勝久

Kyoto Univ. TienYang Lo, Shunsuke Murai, Katsuhisa Tanaka¹

E-mail: murai@dipole7.kuic.kyoto-u.ac.jp

【緒言】ナノアンテナはサブ波長サイズの金属ナノ粒子を周期的に配列させた構造体であり、ナノアンテナに光が照射されると、局在型表面プラズモン共鳴 (Localized Surface Plasmon Resonance: LSPR) と面内の光回折の同時励起により表面格子共鳴 (Surface Lattice Resonance: SLR) が誘起される。この共鳴モードによってアンテナ近傍に発現する増強電場は、周囲の光学応答を増強させる働きがあるため、微小光源や高感度センサーへの応用が期待されている。この構造を樹脂に埋入したナノアンテナシール[1,2]は、ナノアンテナを直接作製できない材料表面に対しても容易に脱着が可能であり、一枚のシールを何回でも繰り返し使えるといった利点がある。さらに、ナノ粒子が高分子材料に埋められているため、ナノアンテナシールを2枚重ねたり、基板上的ナノアンテナに重ねて貼ったりすることによって、ナノスケールで三次元集積した周期的な構造を構築できる[3]。

当研究室は2023年に面外四重極子共鳴特性を有する Ag ナノアンテナシールの開発に成功した[2]。そこで、本研究では、一般の面内双極子共鳴より更に高い品質係数を持つ面外カップリング効率の高い面外四重極子共鳴を利用し、吸収増幅層として用いられる TiO₂ ナノアンテナ上にシールを積層することによって、指向性発光特性の向上を試みた。

【結果】Fig.1 は、(a)TiO₂ ナノアンテナ単体、(b)Ag ナノアンテナシール単体、(c)Ag/TiO₂ 積層ナノアンテナの TE 偏光における入射角度依存の消光スペクトルを示す。積層前後では、下層の TiO₂ ナノアンテナの共鳴特性の変化が見られなかったことに対し、上層の Ag ナノアンテナシールの四重極子共鳴特性は顕著に長波長側にシフトし、面内双極子の共鳴波長領域内に入り込むことが確認された。また、長波長側で励起された面内双極子共鳴は、積層前後にわたって、スペクトル上の変化が見られなかった。

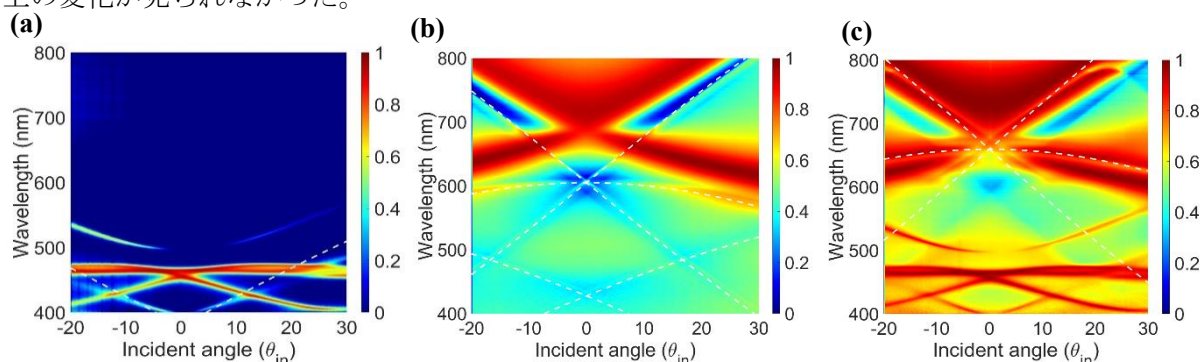


Fig. 1. Extinction spectra as a function of θ_{in} for the luminous layer with (a) TiO₂ nanoantenna, (b) Ag nanoantenna sticker, and (c) Ag/TiO₂ stacked nanoantennas on the top.

一方で、放射角度依存の発光増強スペクトルでは、積層前後にわたって、入射偏光間のモードの分散関係の逆転と、発光増強領域が低放射角内に局在するようになったことが確認された。これは、四重極子モード由来の導波路型モードが TiO₂ ナノアンテナ層内に発現していると考えられる。【参考文献】 [1] Agata *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **118**, 021110 (2021) [2] Lo *et al.*, *ACS Appl. Opt. Mater.* **1**, 870 (2023). [3] Murai *et al.*, *J. Appl. Phys.*, **129**(18), 183101.