

高屈折率誘電体球の Mie 共鳴と金属ナノキャップの LSPR の干渉に基づく

指向性光ナノアンテナ

Directional optical nanoantenna by an interference between Mie resonance of high-refractive-index dielectric nanosphere and LSPR of metal nanocap

神戸大院工 ○濱田 幹彦, 難本 樹生, 杉本 泰, 藤井 稔

Kobe Univ. ○Mikihiko Hamada, Tatsuki Hinamoto, Hiroshi Sugimoto, Minoru Fujii

Email:fujii@eedept.kobe-u.ac.jp

光の回折限界以下のサイズ領域において、光を特定の方向に散乱させる指向性ナノアンテナはスイッチングデバイスや高感度センシングへの応用が期待されている。可視域で 3-5 の高い屈折率を持つ誘電体ナノ粒子は、光の周波数領域に電場や磁場と共鳴的に結合する電気双極子モード及び磁気双極子モードを持ち、両モードの双極子モーメントの大きさが一致する (Kerker 条件) 波長では両モードの放射パターンが干渉することにより粒子全体の放射パターンに強い指向性が現れる。しかし球のような単純な構造では 2 つのモードの共鳴波長が一致しないため、Kerker 条件を満たす波長での散乱断面積は共鳴波長における散乱断面積に比べて小さい。この問題を解決するため、本研究では金属ナノキャップの表面プラズモン共鳴を Mie 共鳴に由来する双極子モードと結合させることを提案する。金属ナノキャップは表面プラズモン共鳴の電気双極子モードに加え、磁気双極子モードを持つことが知られている。それらの共鳴波長はコア・シェル比や被覆率により、高屈折率ナノ粒子の共鳴波長と独立にコントロールすることができるため、両構造の共鳴波長を同一に制御することで、強い指向性散乱を示すナノアンテナの実現が可能である。

本研究では、Si ナノ粒子-Au ナノキャップ構造を用い、大きな散乱断面積をもつ指向性複合ナノアンテナの実現を目指す。まず FDTD 法に基づく電磁場シミュレーションにより、Si ナノ粒子の直径が 130 nm、Au ナノキャップの膜厚が 30 nm の場合に、Si ナノ粒子の磁気双極子モードと Au ナノキャップの電気双極子モードの共鳴波長が一致することを明らかにした。図 1 に (a) Si ナノ粒子単体、(b) Si ナノ粒子-Au ナノキャップからなる複合ナノアンテナの前方及び後方散乱スペクトルとそれらの強度比 (F/B ratio) を示す。複合ナノアンテナの F/B 比のピーク波長と前方散乱ピーク波長が一致しており、Si ナノ粒子単体の場合より強い散乱強度を示すことがわかる。次に基板上に配置した Si ナノ粒子[1]に Au を真空蒸着することで複合ナノアンテナを実際に作製した。作製した試料の TEM 像を図 2 に示す。色の淡い部分が Si ナノ粒子、濃い部分が Au ナノキャップを示しており、目的の構造が形成できていることから指向性散乱の発現が期待される。講演では、FDTD シミュレーション結果に加え、作製した複合ナノアンテナの構造評価、散乱特性評価について発表を行う。

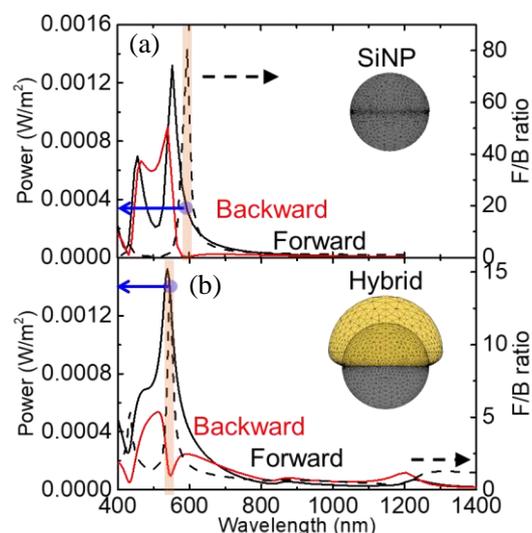
[1] H. Sugimoto and M. Fujii, *Adv. Opt. Mater.* **5**, 1700332 (2017).

Figure 1. Forward (black) and backward (red) scattering and forward-to-backward scattering intensity ratio (black dashed) spectra of (a) the Si nanoparticle and (b) the hybrid nanoantenna.

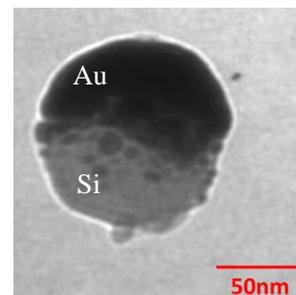


Figure 2. TEM image of the fabricated hybrid nanoantenna.