

局所環境変化に応じて光圧特性が変化するプラズモニックナノ構造設計

Response of optical force on plasmonic nanostructures with local permittivity change

東大生研¹, JST さきがけ², 元志喜¹, 田中嘉人^{1,2}, 塚田智樹¹ 志村努¹

IIS, the Univ. of Tokyo¹, JST PRESTO², J. Won¹, Y. Tanaka^{1,2}, T. Tsukada¹, T. Shimura¹

E-mail: won@iis.u-tokyo.ac.jp

【はじめに】金属ナノ構造体の形状を工夫して局在プラズモン共鳴を設計することで、光散乱特性を制御することができる。例えば、長さの異なる2つのナノロッドペアは高強度の一方向側方散乱(入射光の波数ベクトルに垂直な面内方向散乱)を示す[1]。我々はこのナノロッドペアの配列をSiO₂のマイクロ構造の中に埋め込むことで、側方散乱の反跳としてナノロッドペアに働く面内光圧を駆動力とするプラズモニックナノアクチュエータを創出してきた。一方、局在プラズモン共鳴は金属ナノ構造表面近傍の屈折率変化に敏感に応答する性質を持ち、局在センサーとして数多く研究開発されてきた。今回我々は、この特徴に着目し、周辺環境の変化に応じて動きをパッシブ制御するプラズモニックナノモータに向けてナノ構造を設計した。

【シミュレーション・計算】SiO₂基盤上に長さの異なる2つの金ナノロッドを配置し、片方のロッドをSiO₂($n_{\text{SiO}_2} = 1.45$)で囲んだ構造を設計した。これにより、周辺屈折率変化に対して、長い方のナノロッドのプラズモン共鳴のみが応答する。ロッドの長軸方向に偏光した平面波を+z方向から一様照射し、ナノ構造を囲む球面上のポインティングベクトルの法線成分から、散乱光パターンの周辺屈折率 n 依存性を調べた。

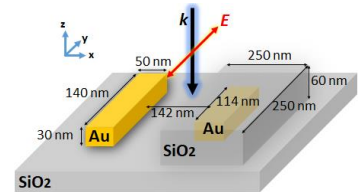


Fig. 1 Schematic of nanorod pair

【結果と考察】 n の変化に対して、ナノロッドペアのプラズモン共鳴特性が図2で示すように変化した。この際、波長 865 nm(図2の緑線)の光照射に対して、xy面内の散乱パターンは図3で示す通り、急峻に変化した。 $n = 1.00$ では+x方向に強く散乱されていたが、 $n = 1.09$ では+xと-x方向への散乱がほぼ同程度であった。さらに $n = 1.17$ では、 $n = 1.00$ とは逆向きである-x方向に強い散乱が見られた。これはSiO₂で囲まれたロッドのプラズモン共鳴ピークは固定されているのに対して、長い方のロッドの共鳴ピークがレッドシフトを起こし、二つの共鳴ピーク的位置関係が変化したことによる結果であると考えられる。また、この結果は、光の運動量変化の反跳としてロッドペアに働く面内

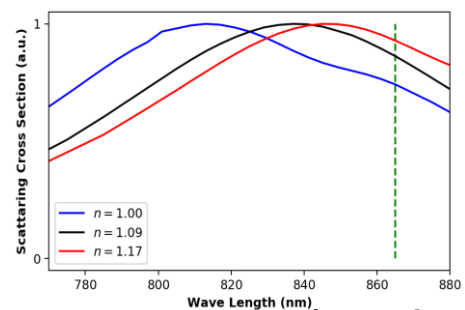


Fig. 2 Scattering spectra of nanorod pair at different refractive index

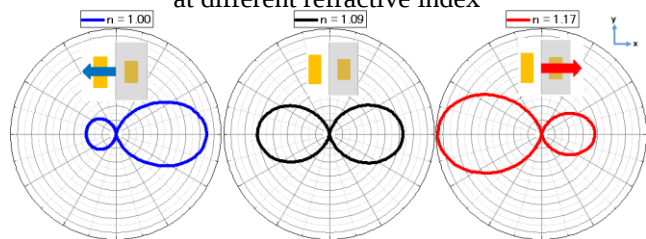


Fig. 3 Polar plot of poynting vector of scattered light(865 nm) on xy plane in different refractive

光圧が $n = 1.00$ では-x方向、 $n = 1.15$ では+x方向に働き、 $n = 1.07$ ではほぼ働かないことを意味する。従って、今回設計したナノ構造を用いると、周辺環境に応じて運動方向を変化させるプラズモニックナノモータが期待できる。

[1]: 田中嘉人 他, 応用物理学会秋季学術講演会(2018)