

周辺屈折率に応じて光圧方向を制御するプラズモニック構造の実現

Demonstration of plasmonic nanostructures capable of controlling the direction of optical forces according to the surrounding refractive index

北大電子研 ○(B)渡邊 柗人, 太田 竜一, 片山 司, 田中 嘉人

RIES, Hokkaido Univ., °Shuto Watanabe, Ryuichi Ohta, Tsukasa Katayama, Yoshito Tanaka

E-mail: watanabe.shuto.b9@elms.hokudai.ac.jp

我々はこれまで、金属ナノ構造の局在プラズモン共鳴により散乱光の運動量を制御し、その反跳としてナノ構造に働く光圧よりマイクロマシンを駆動する、プラズモニックナノアクチュエータを世界に先駆けて創出してきた[1]。この光圧はナノ構造の向きで力の方向を制御できるため、従来法のようにレーザービームの集光・操作を必要としない光駆動が可能である。これにより光マイクロマシンの小型化・集積化が期待されるが、Lab-on-a-chip の流体制御デバイスへの応用に向けては、流れてくる物質の種類に応じた動作の制御が求められる。そこで本研究は局在プラズモン共鳴の高感度センシング機能に着目し、周辺屈折率変化に応じた散乱光の運動量制御により自ら光圧の向きを変えるプラズモニックナノ構造を実現した。これにより周辺環境に応じて自律的に動作を制御する光マイクロマシンが可能になり従来にない全く新しい応用展開が期待される。

本研究で提案するナノ構造は長さの異なる金ナノロッドペアからなり、その片方は Al_2O_3 に覆われている(図 1(a))。この構造は、ナノロッド間のプラズモン振動の位相差により、左右の光散乱で非対称な干渉が生じ高い指向性の側方光散乱を示す[2]。実験では試料の上方からレーザー光を照射し、その散乱パターンを油浸対物レンズ(NA:1.49)と CMOS カメラを用いてフーリエ像として測定した。図 1(b)は大気中($n=1.00$)で測定した散乱光の強度分布であり、-1 次方向に高い指向性を示すことがわかる。次に試料を水($n=1.33$)に浸し同様の実験を行ったところ、 Al_2O_3 で覆われていない片方のロッドの共鳴波長のみが長波長シフトすることによりロッド間のプラズモン振動の位相差の符号が変化し、その結果散乱光の指向性は+1 次方向に逆転した(図 1(c))。図 1(d)は大気中と液中における ± 1 次方向の散乱光の強度比の波長依存性であり、100nm 程度の波長域で屈折率変化に応じて散乱光の運動量の方向、つまりその反跳光圧の方向が反転することが確かめられた。

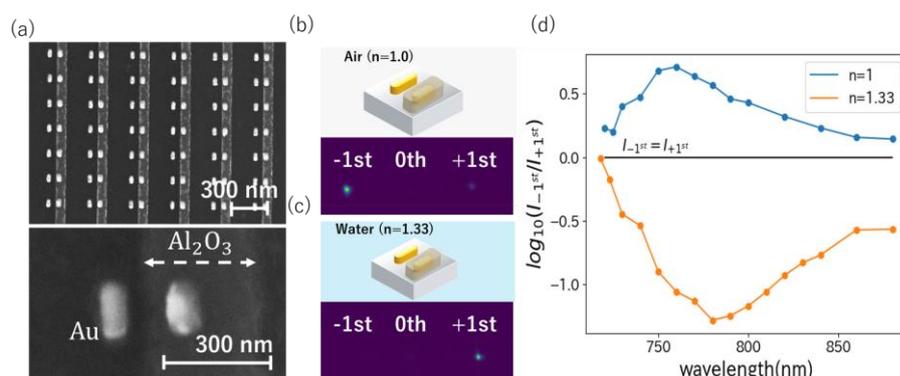


Figure 1(a): Scanning electron microscope (SEM) images of gold nanorod pairs. The shorter rods are covered by Al_2O_3 . Fourier space images of directional scatterings measured in air (b) and in water (c). (d) Wavelength dependence of the ratio of the light intensities in -1st direction (I_{-1}) to those in +1 direction (I_{+1}). The blue (orange) dots are measured in air (water) ambient conditions.

[1] Y. Y. Tanaka *et al.*, *Sci. Adv.* 6, eabc3726 (2020). [2] A. B. Evlyukhin *et al.*, *Nano Lett.* 10, 4571 (2010).