長さの異なる金ナノロッドペアに作用する面内放射圧解析

Simulation analysis of side forces exerted on two gold nanorods with different size

○田中嘉人 [1]、Vincenzo Ginnini[2]、Stefan A. Maier[2]、志村努 [1]（1. 東大生研、2. インペリアル大学）
°Yoshito Tanaka[1], Vincenzo Ginnini[2], Stefan A. Maier[2], Tsutomu Shimura[1]
(1 Univ. of Tokyo , 2. Imperial College London)
E-mail: yoshito@iis.u-tokyo.ac.jp

【背景】光波長より小さい誘電体ナノ粒子に平面波を照射すると、等方的な光散乱（双極子放射）が起こり、光の運動量変化より伝搬方向に粒子を押す放射圧（散乱力）が作用する。一方、光波長より小さい金属ナノ構造は、自由電子の集団振動（局在プラズモン）よりナノアンテナとして働き、光励起されるプラズモンモードの空間位相分布を設計することで、ナノ構造からの光散乱方向を制御することができる[1]。本研究では、長さの異なる二つの金ナノロッドによって散乱方向を制御し、そこで生じる光運動量変化からナノロッドに作用する放射圧を解析した。

【計算方法】図 1 に示す通り、光の伝搬方向に垂直な平面内に 170×50×30 nm と 150×50×30 nm の 2 つの金ナノロッドを距離 d 隔てて配置し、ロッドの長軸方向に偏光した平面波を+z 方向から一様照射する系を設定した。プラズモン共鳴がロッドサイズに強く依存することから、ロッドプラズモン間に位相差Δ Φを作り出すことができる。ナノロッドペア周辺の電磁場分布を計算し、Maxwell 応力法を使って 2 つのナノロッドそれぞれに働く放射圧を求めた。電磁場分布の計算には有限要素法(FEM)を用いる COMSOL を使用した。

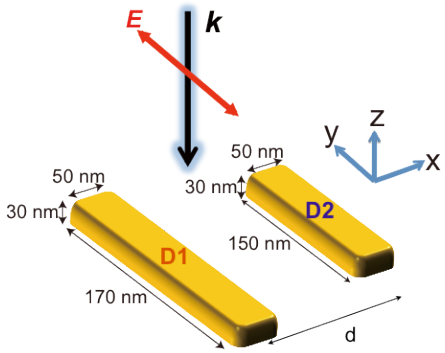

Fig. 1 Simulation model

【結果と考察】金ナノロッドペアからの光散乱パターンは、ロッド間距離 d に強く依存した。図 2 は、d=150nm のプラズモン共鳴スペクトルを示しており、ロッドプラズモン間の位相差Δ Φが大きくなる波長 760 nm において、図 3 で示すように-x 方向に高強度の側方光散乱を示した。また、長さの異なる金ナノロッドペアからの一方向側方散乱は実験的にも確認することができている。図 3 の光散乱によってナノロッド D1 および D2 に作用する面内放射圧は、10 mW/μm^2 の入射光強度において、光散乱方向と逆向きにそれぞれ 0.9 pN および 0.7 pN として算出された。つまり、合計 1.6 pN（10 mW/μm^2）の面内放射圧が金ナノロッドペアに作用することがわかった。発表では、ナノロッドペアに作用する面内放射圧についてより詳細な解析を報告する。

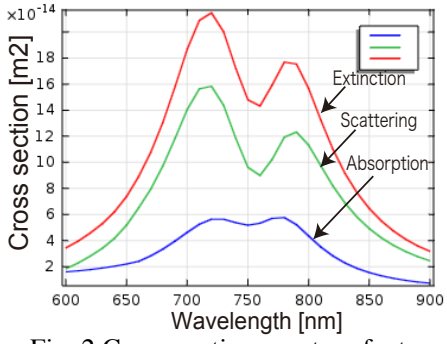

Fig. 2 Cross-section spectra of a two rods separated by d = 150 nm.

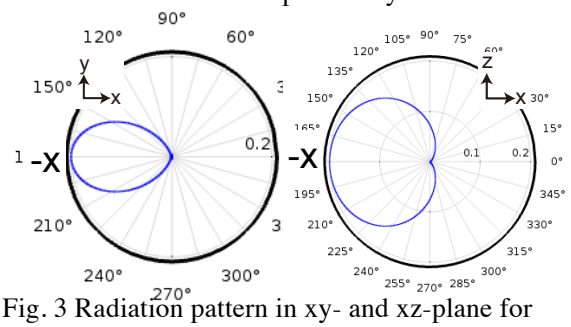

Fig. 3 Radiation pattern in xy- and xz-plane for the rod pair of Fig. 2

[1] D. Vercruysse, et.al., Nano Lett. 13, 3843 (2013).

© 2015年 応用物理学会