

課題名 (タイトル):

プラズモニックナノ構造の光学特性の解析

利用者氏名: 岡本 隆之

所属: 石橋極微デバイス工学研究室

1. 本課題の研究の背景、目的、関係するプロジェクトとの関係

金属ナノ粒子に光を照射すると、その中に含まれる自由電子は光の電場により集団的に振動する。この振動の強さは光の周波数に依存し、特定の周波数で共鳴（局在プラズモン共鳴）を起こす。共鳴周波数は金属ナノ粒子や周囲の誘電体の形状および誘電率に強く依存する。本課題の目的は種々の金属ナノ粒子の光学特性を数値計算により解析することである。

2. 具体的な利用内容、計算方法

昨年度までに開発を行なった有限差分時間領域法 (FDTD 法) を用いた。プログラムは MPI および OpenMP を用いたハイブリッド並列化がなされている。

3. 結果

トップダウン的手法である電子ビーム露光法とボトムアップ的手法であるコロイド粒子の自己組織化法を用いて内径が 500 nm の半球状の金ナノカップの 4 量体構造を作製した。図 1(a)はこの構造をモデル化し、平面波を 4 量体の対称軸の方向から入射したときの散乱、吸収、消滅断面積を計算した結果である。波長 4.4  $\mu\text{m}$  におけるピークは双極子モードの局在表面プラズモン共鳴によるものである。波長 3.4  $\mu\text{m}$  の肩は四重極子モードの局在プラズモン共鳴と考えられる。このモードを強く励起するため、対称軸からの角度が 30° となるように平面波を入射、そのときの電場強度分布を計算した結果を図 (b) および (c) に

示す。大きな電場増強効果が得られていることが分かる。4 量体構造の両側に振動双極子を対称に配置し励振することで得たこのモードのプロファイルを図 (d) および (e) に示す。この結果からこのモードが四重極子モードあることが明瞭に見て取れる。

4. まとめ

金ナノカップの 4 量体の局在プラズモン共鳴とそのモードプロファイルを FDTD によって求めた。

5. 今後の計画・展望

FDTD 法の適用範囲を広げるため、周期構造に対する斜入射光を取り扱えるようにしたい。また、誘電関数として、Drude-Lorentz モデルを取り扱えるようにしたい。

参考文献

[1] T. Takahashi, A. Matsutani, D. Shoji, K. Nishioka, M. Sato, T. Okamoto, T. Ezaki, T. Isobe, A. Nakajima, and S. Matsushita, *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects* 513, 51-56 (2017).

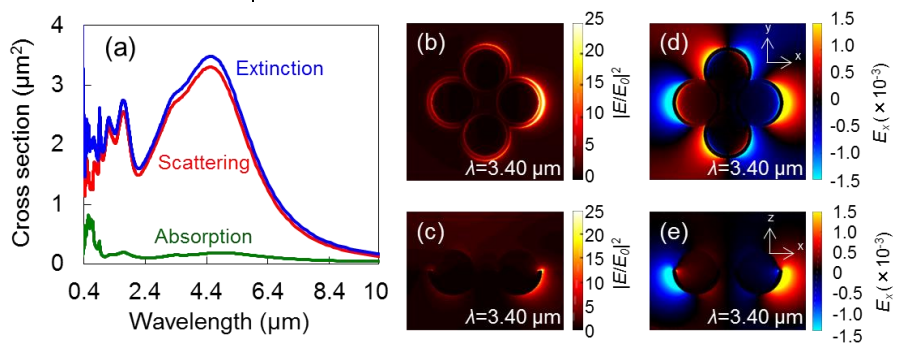


図 1、金ナノカップの 4 量体の (a) 散乱、吸収、消滅断面積、(b) 斜入射平面波を入射したときの電場強度分布および、(c) 2 つの振動双極子を対称に配置して得られた四重極子モードの電場分布[1]。

平成 28 年度 利用研究成果リスト

**【論文、学会報告・雑誌などの論文発表】**

T. Takahashi, A. Matsutani, D. Shoji, K. Nishioka, M. Sato, T. Okamoto, T. Ezaki, T. Isobe, A. Nakajima, and S. Matsushita, “Optical performance of Au hemispheric sub-microstructure on polystyrene quadrumer,” *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects* **513**, 51-56 (2017).

**【国際会議、学会などでの口頭発表】**

岡本隆之, “FDTD 法における基板のある系に対する斜入射平面波,” 第 14 回プラズモニクスシンポジウム, 福井, 1 月 (2017).

T. Ezaki, A. Matsutani, K. Nishioka, D. Shoji, M. Sato, T. Okamoto, T. Isobe, A. Nakajima, and S. Matsushita, “Kelvin probe force microscopic images on gold nanodisks with and without light irradiation,” 2016 MRS Fall Meeting, Massachusetts, USA, November 30 (2016).

江崎智太郎, 松谷晃宏, 西岡國生, 庄司大, 佐藤美那, 岡本隆之, 磯部敏宏, 中島章, 松下祥子, “Si/SiO<sub>2</sub> 上金ナノ円盤の表面電位の光照射による変化およびその構造依存性,” 第 77 回応用物理学会秋季学術講演会, 新潟, 9 月 (2016).

阿川裕晃, Rafael Vila, 岡本隆之, 磯部敏宏, 中島章, 松下祥子, “カップ状金ナノ構造体の進化とそのプラズモニク特性,” 第 67 回コロイドおよび界面化学討論会, 旭川, 9 月 (2016).

R. Vila, H. Agawa, T. Okamoto, J. Robinson, T. Isobe, A. Nakajima, and S. Matsushita, “Fabrication and Plasmonic Characterization of Gold Nanopots,” 第 67 回コロイドおよび界面化学討論会, 旭川, 9 月 (2016).

江崎智太郎, 松谷晃宏, 西岡國生, 庄司大, 佐藤美那, 岡本隆之, 磯部敏宏, 中島章, 松下祥子, “Si 上に形成した金ナノ円盤が示す表面電位差の光照射依存,” 第 77 回応用物理学会秋季学術講演会, 東京, 3 月 (2016).

龍野俊直, 岡本隆之, 江崎智太郎, 磯部敏宏, 中島章, 松下祥子, “シリカ/金属界面エネルギー差を利用したナノカップの作製とそのプラズモンセンシング,” 第 77 回応用物理学会秋季学術講演会, 東京, 3 月 (2016).