

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

理研での所属研究室名 : 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。また、周期構造で斜入射条件が必要な場合は厳密結合波解析(RCWA)法を用いた。

## 3. 結果

我々は可視から赤外域にかけて3オクターブわたる帯域を持つ超広帯域光吸収体を開発した。本吸収体はガラス基板上に直径50nmのシリカ粒子をランダムに固定し、その上に金属薄膜、透明な高分子、さらに光学的に十分厚い金属薄膜を堆積した構造となっている。本構造が広帯域の吸収を持つ機構をFDTD法を用いて解析した。まず、粒子上の金属薄膜を被覆角で決まる部分球殻構造と仮定した。種々の被覆角に対して計算した吸収スペクトルを実験結果と比較して被覆角を決定した。この被覆角を用い、複数の粒子が直線上に接して並んでいる構造に対して吸収スペクトルを計算した。その結果、粒子の数が증えるにしたがい局在表面プラズモン共鳴による吸収ピークが長波長側に大きくシフトすることを確かめた。さらに、ピーク波長における電磁場分の計算

を行ない、粒子上の金属薄膜と粒子によって作られた基板上的金属薄膜の開口部分が互いにバビネの原理を満たすことが分かった。

シリカ基板上に固定した直径250nmのシリカ粒子に金を蒸着し、その上に樹脂をコートした後、シリカを除去することで金ナノカップを作製した。この金ナノカップの消衰スペクトルおよび光トラップ力をFDTD法を用いて計算した。作製した金ナノカップではカップの底面部分にしか金が被覆されていないが、金が全面に被覆されている構造を作製することで、トラップ力が大きく向上することが分かった。

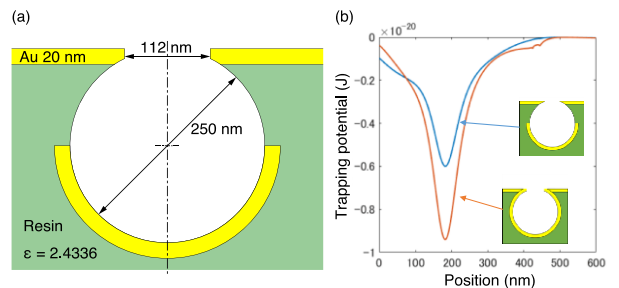


図1 : (a) 金ナノカップの形状と (b) 金ナノカップを液中に置いたときの中心軸上における光トラッピングのポテンシャル。

## 4. まとめ

超広帯域光吸収体の光吸収機構をFDTD法により解明した。さらに、金ナノカップの光トラップ力をFDTD法により見積もった。

## 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。

平成 29 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】**

K. Takatori, T. Okamoto, and K. Ishibashi, “Surface-plasmon-induced ultra-broadband light absorber operating in visible to infrared range,” *Opt. Express* **26**, 1342-1350 (2018).

H. Agawa, T. Okamoto, T. Isobe, A. Nakajima, and S. Matsushita, “Gold nanocups fabricated using two-dimensional colloidal crystals and simulation of their optical trapping force,” *Bull. Chem. Soc. Jpn.* doi:10.1246/bcsj.20170361.

**【国際会議、学会などでの口頭発表】**

阿川裕晃, 岡本隆之, 磯部敏宏, 中島章, 松下祥子, “金セミシエルアレイ上の光誘起局所加熱による熱対流形成,” 第 65 回応用物理学会春季学術講演会, 東京, 3 月 18 日 (2018).

江崎智太郎, 松谷晃宏, 岡國生, 佐藤美那, 岡本隆之, 磯部敏宏, 中島章, 松下祥子, “金セミシエルアレイ上の光誘起局所加熱による熱対流形成,” 第 65 回応用物理学会春季学術講演会, 東京, 3 月 18 日 (2018).

K. Takatori, T. Nishino, T. Okamoto, H. Takei, R. Micheletto, and K. Ishibashi, “Surface-plasmon-induced broadband light absorbers,” *Optics and Photonics for Energy and the Environment 2017*, Boulder, USA, November xx (2017).

岡本隆之, 鷹取賢太郎, 石橋幸治, “凹凸 MIM 超広帯域光吸収体の FDTD 解析,” 第 78 回応用物理学会秋季学術講演会, 福岡, 9 月 8 日 (2017).

鷹取賢太郎, 岡本隆之, 石橋幸治, “島状アルミニウム MIM 構造による紫外-近赤外広帯域光吸収,” 第 78 回応用物理学会秋季学術講演会, 福岡, 9 月 8 日 (2017).

K. Takatori, T. Okamoto, and K. Ishibashi, “Surface-plasmon-induced ultra broadband light absorption ranged from visible to infrared,” *The 8th International Conference on Surface Plasmon Photonics*, Taipei, Taiwan, May 24 (2017).