

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

理研における所属研究室名: 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

金属ナノ構造に光を照射すると、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(表面プラズモン共鳴)を起こす。共鳴周波数は金属ナノ構造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構造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

近年、金属-誘電体-金属(MIM)構造によるプラズモニックカラーという新しい色材が注目されている。我々は、ボトムアップ手法による安価なアルミニウムを用いたMIM構造の作製法を提案した。本作製法はガラス基板へのアルミニウムの蒸着と加熱を繰り返すものである。図1(a)の右側は作製したMIM構造の断面のEDX像である。青い部分がアルミニウムで緑の部分が誘電体である。

図1(b)は本構造をモデル化したものである。図1(c)はこの構造に上方から平面波を入射したときの散乱断面積のスペクトルである。図1(d)および(e)は粒子を1個にした場合、および粒子を1個にしてさらに基板側のアルミニウムを除いた場合の散乱断面積である。図1(f)は粒子を除いた場合の反射、透過、および吸収スペクトルである。これらの結果からピークは主として誘電体薄膜が担持する導波路モードの励起によるものであることが分かった。さらに、図1(c)に現れる波長550nmのディップの成因を調べるためにディップ波長における電場分布を計算した。図

1(g)および(h)にその結果を示す。これらの結果からこのディップは導波路モードと金属粒子が担持する局在表面プラズモンとの相互作用によるファノ共鳴によるものであることが分かった。

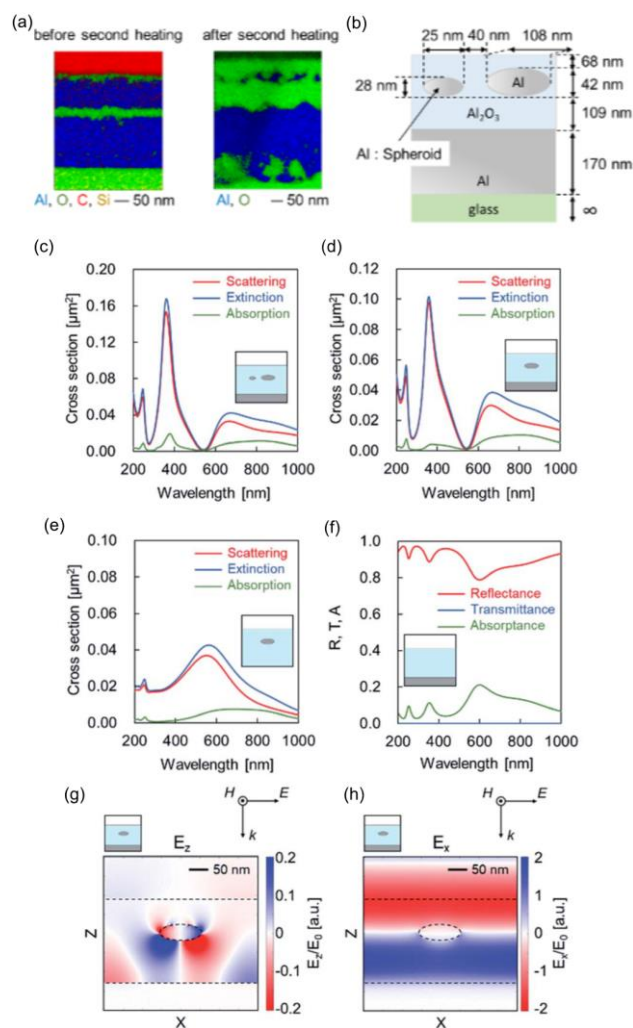


図1. FDTD計算の結果

4. まとめ

ボトムアップ手法で作製したMIM構造の光学特性をFDTD法を用いて計算した。得られた散乱スペクトルは実験値と一致した。変調した構造に対するスペクトルや電磁場分布を計算することでスペクトルに現れるピークの由来を特定した。

5. 今後の計画・展望

引き続き、種々の金属微細構造の光学特性を計算により求め、実験結果との比較を行う。

2020年度 利用研究成果リスト

【雑誌に受理された論文】

R. Watanabe, M. Mita, T. Okamoto, T. Isobe, A. Nakajima, and S. Matsushita, “Aluminum metal-insulator-metal structure fabricated by the bottom-up approach,” *Nanoscale Adv.* **2**, 2271–2275 (2020).