

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

分散を持つ金属の誘電率をFDTD法に導入するため、これまでDrudeモデルを用いてきたが、このモデルでは金の波長500nm以下やアルミニウムの波長800nm近傍に現れるのバンド間遷移による吸収の影響を取り込むことはできなかった。そこで、新たにDrude-Lorentzモデルを利用できるようにした。このモデルでは誘電率はDrudeモデルとLorentzモデルの和で表される。図1は真空中の直径20nmの金微小球の散乱断面積をDrudeモデルおよびDrude-Lorentzモデルを用いてFDTD法で計算した結果を示す。比較のためMie散乱の公式を用いて厳密に計算した結果も示す。Drudeモデルでは上に述べたようにバンド間遷移による吸収が無視されているためMie公式による結果とは大きく異なるQ値の高いピークが得られている。それに対して、Drude-LorentzモデルではMie公式による結果とよく

一致したピークが得られている。

本モデルを用いて自己組織化を利用した種々のボトムアップ的手法を用いて作製した金属基板上の金属ナノ粒子構造体の光学特性を求めた。ただし、発表できるような結果はまだ得られていない。

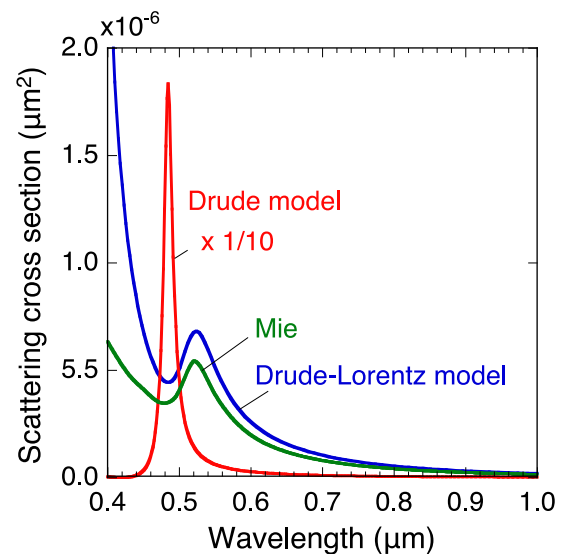


図1、DrudeモデルおよびDrude-Lorentzモデルを用いたFDTD法ならびにMie散乱の公式を用いて計算した直径20nmの球形金粒子の散乱断面積。

4. まとめ

FDTD法でDrude-Lorentzモデルで表される誘電率を持つ金属を扱えるようにした。金属基板上的金属ナノ粒子構造体の光学特性を求めた。

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、基板上にランダムに配置されている金属粒子の光学特性を計算するため、より並列度を上げて大面積の計算ができるようにしたい。

平成 30 年度 利用研究成果リスト

【口頭発表】

三宮工, 松方妙子, 岡本隆之, 山本直紀,

“単一銀粒子と銀基板の光学カップリングのカソードルミネセンス測定,”

第 66 回応用物理学会春季学術講演会, 東京, 3 月 10 日 (2019).