

プロジェクト名(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. 本プロジェクトの研究の背景、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)法も用いた。

3. 結果

放射冷却とは物体が電磁波を放射することによりその温度が下がる現象を指す。地球の大气には波長 8-13 μm に大气の(透過)窓とよばれる吸収率の低い波長領域が存在する。この波長域は温度 300 K の黒体輻射の波長領域と重なる。したがって、この波長領域で放射率を大きくすることができれば、放射冷却能の高い素子可以实现できる。なお、Kirchhoff の法則により放射率と吸収率は等しい。シリカ(熔融石英)はこの目的に有望な材料である。しかし、波長 9 μm 近傍で O-Si-O の共鳴振動に起因する高い反射率により、吸収の低下を招いている。本研究ではシリカ表面に蛾の目構造を設けることにより反射率を低減し吸収率を高めることを目的としている。

図1は作製した蛾の目構造の走査型電子顕微鏡(SEM)像である。1つの突起の高さおよび直径は共に 4 μm である。図中の曲線は突起形状にフィッティングした曲線である。この曲線を用いて構造をモデル化し FDTD 法により垂直入射光に対する反射率を計算した。シリカの分散はローレンツモデルを用いて表した。図2はフーリエ変換赤外分光光度計により測定した反

射スペクトルと FDTD 法による計算結果である。両者はよく一致している。また、比較のため平坦なシリカ表面の反射スペクトルも示した。蛾の目構造により反射率が大きく低減していることが分かる。

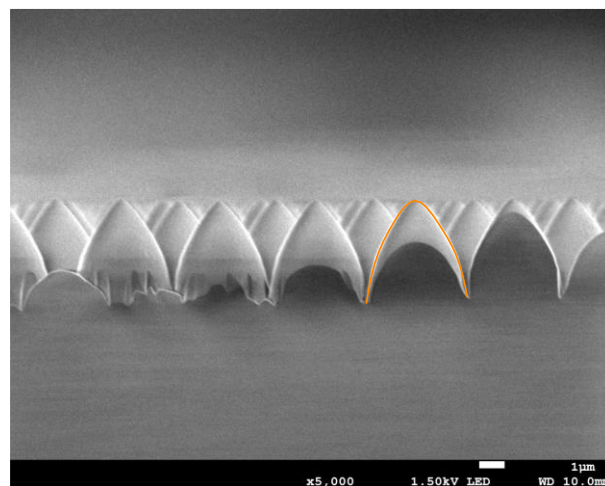


図1、作製した蛾の目構造の SEM 像とその形状にフィッティングした曲線

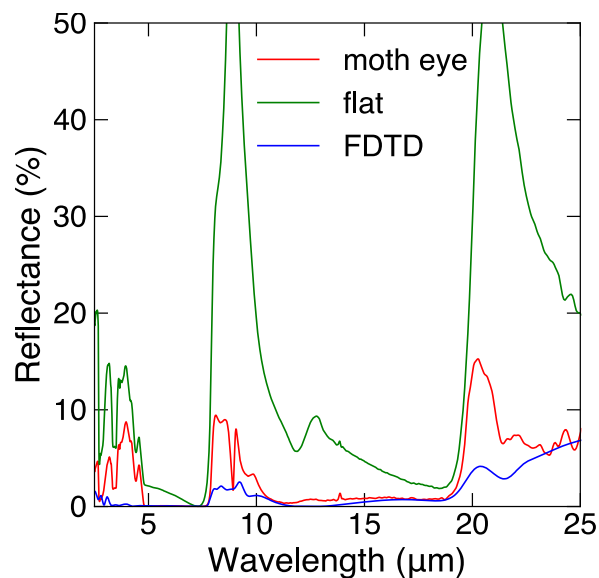


図2、実験および FDTD 計算による蛾の目構造の反射スペクトル

4. まとめ

作製したシリカ基板上的蛾の目構造の光学特性を FDTD 法を用いて計算した。実験で得られた反射スペクトルと一致した。

5. 今後の計画・展望

2021年度 利用報告書

本プロジェクトは本年度かぎりで終了する。