

課題名 (タイトル) :

## 2 次元プラズモニック結晶の光学特性

利用者氏名 : 岡本 隆之

理研での所属研究室名 : 和光研究所 基幹研究所 河田ナノフォトニクス研究室

## 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

プラズモニクス (表面プラズモン工学) は近年ナノフォトニクスにおいて急速に発展している分野である。我々がプラズモニクスに用いている構造の 1 つにプラズモニック結晶がある。これは微細な凹凸を 2 次元周期状に金属表面に設けた構造である。プラズモニック結晶は表面プラズモンの金属表面への閉じ込めや、伝搬光との結合を行うという特徴を持つ。本研究ではプラズモニック結晶をプラズモニック・レーザー、有機 EL 素子からの光取り出し、そして、太陽電池への応用に必要な分散関係と放射特性 (伝搬光との結合) の解析を行う。

## 2. 具体的な利用内容、計算方法

プラズモニック結晶において表面プラズモンと伝搬光との結合特性を求めるためには、プラズモニック結晶に平面波を入射し、その吸収率を求める必要がある。吸収率が結合係数に対応する。さらに、この吸収率を入射光のエネルギーと波数の接線成分からなる 2 次元空間にマッピングすることでプラズモニック結晶の分散関係が得られる。解析には我々が開発した厳密結合波解析 (RCWA: Rigorous Coupled Wave Analysis) を用いた。

## 3. 結果

銀表面上に高さ 10nm の銀円柱を 3 角格子状に周期的に配置した構造から成るプラズモニック結晶 (凸結晶) と高さ 10nm の円開孔を 3 角格子状に配置した構造から成るプラズモニック結晶 (凹結晶) の分散関係と放射特性を計算した。さらに、結合特性およびプラズモニック・バンドギャップが円柱および円開孔の直径の格子ピッチに対する比に対してどのように変化するかを計算した。これらの計算の一部は昨年度においても実行したが、今年度はこれらに加えて、突起ある

いは開孔の形状を円柱から楕円柱に変えてその影響について解析を行った。その結果、分散関係および放射特性は入射面および入射偏光に対して大きく変化することが分かった。また、有機 EL 素子からの光取り出しでは、アルミニウム製のプラズモニック結晶上の表面プラズモンが伝搬光へ変換される割合が凹結晶の円開孔の深さに対してどのように変化するかを計算した。

## 4. まとめ

2 次元に周期的に凹凸構造を設けた配列された金属表面 (プラズモニック結晶) の分散関係および放射特性を厳密結合波解析法を用いて解析した。

## 5. 今後の計画・展望

これまでの構造は金属およびそれと接する誘電体 (空気) の厚さが半無限大であったが、表面プラズモンの金属による吸収損失を小さくするためには金属の厚さを 50nm 以下にする必要がある。この場合金属と誘電体の界面が 2 つになるため、表面プラズモンの挙動はより複雑になり、計算時間もより必要となると考えられる。この系に対するプログラムを構築し、計算を行い、表面プラズモンの分散関係および放射特性を明らかにする。

## 6. RICC の継続利用を希望の場合は、これまで利用した状況 (どの程度研究が進んだか、研究においてどこまで計算出来て、何が出来ていないか) や、継続して利用する際に行う具体的な内容

上記の「今後の計画・展望」で述べた解析を行う。

平成 23 年度 RICC 利用研究成果リスト

**【論文、学会報告・雑誌などの論文発表】**

Takayuki Okamoto and Satoshi Kawata, “Dispersion relation and radiation properties of plasmonic crystals with triangular lattices,” Opt. Express **20**(5), 5168-5177 (2012).

**【国際会議、学会などでの口頭発表】**

Takayuki Okamoto and Satoshi Kawata, “Dispersion relations and radiation properties of 2-D plasmonic crystals,” The 5th International Conference on Surface Plasmon Photonics, Busan, Korea, May 15-20 (2011).