

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

所属 : 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。解析には我々が昨年度までに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 の銀円柱を三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、図 1 (a) 参照) と深さ 10nm の円開孔を三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 (図 1 (b) に解析例を示す)。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。有機 EL 素子からの光取り出しでは、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。さらに、銀薄膜に特殊な構造の穴を周期的に開けることにより、

厚さ数 10nm の銀薄膜にもかかわらず、可視全域にわたり、吸収率を数 10% 程度の大きさに出来ることを見いだした (プラズモニック黒体)。

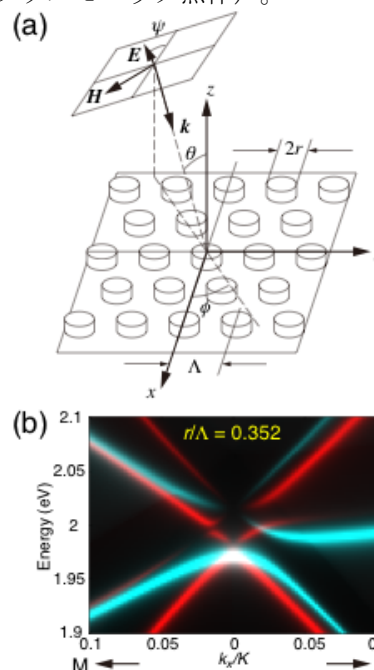


図 1 (a) プラズモニック結晶の構造。(b) 平面波を入射したときの反射率のエネルギー、波数の接線成分 k_x 、ならびに偏光 (赤: p 偏光、青: s 偏光) 依存性。ただし、 $K=2\pi/\Lambda$ 。明るい部分ほど反射率が低く、入射光と表面プラズモンとの結合効率が低い。反射率の極小値の軌跡はプラズモニック結晶の分散関係を与える。

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) の光学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

有機 EL 素子の光取り出しに関しては凸構造および金属がアルミニウムの場合の解析を行う。また、プラズモニック黒体に関しては最も広帯域でかつ吸収率が高くなる構造を探索する。

6. RICC の継続利用に関して

上記の「今後の計画・展望」で述べた解析を行う。

7. 利用研究成果が無かった理由

論文は現在準備中であり、年度内の投稿に至っていないためである。ただし、有機 EL 素子の光取り出しに関する特許は出願した。

平成 22 年度 RICC 利用研究成果リスト

【国際会議、学会などでの口頭発表】

Takayuki Okamoto, “Plasmon density of state in plasmonic crystals,” 18th International Vacuum Congress (IVC-18), Beijing, China, August 23-27 (2010).