

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 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

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。

有機 EL 素子では発光層の屈折率が高く、しかも金属陰極との距離が近いことため発光エネルギーの半分程度が金属陰極を伝搬する表面プラズモンとなり、発光効率の低下を招いている。我々はこの金属陰極にプラズモニック結晶構造を導入することで表面プラズモンを伝搬光に変換され、発光効率の向上することを示してきた。本研究ではプラズモニック結晶の構造パラメータの光取り出しに与える影響を解析する。

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

図 1 (a) に示すように、銀表面上に多段円柱からなる開孔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に垂直方向から

平面波を入射したときの反射率を入射波長および開口の深さの関数として計算した。図 1 (b) に計算結果の例を示す。格子ピッチが $p = 400$ nm のプラズモニック結晶では、波長が 624 nm で開口の深さが $d = 23$ nm のときに反射率が最小になった。すなわち、この条件で入射光が全て表面プラズモンに変換されていることを意味する。相反則を用いて言い換えると、この条件で表面プラズモンは最も伝搬光として放射されることを意味する。この結果は実験結果とよい一致を示した。

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) における表面プラズモンと伝搬光の結合効率を RCWA 法を用いて解析した。

5. 今後の計画・展望

白色有機 EL 照明や太陽電池など、白色光と表面プラズモンの間の結合 (変換) を効率良く行うためには疑似ランダム構造の利用が望まれる。ここで用いた RCWA 法では周期構造に対してのみにしか計算できない。今後、有限差分時間領域 (FDTD) 法を用いて同様の解析を行いたい。

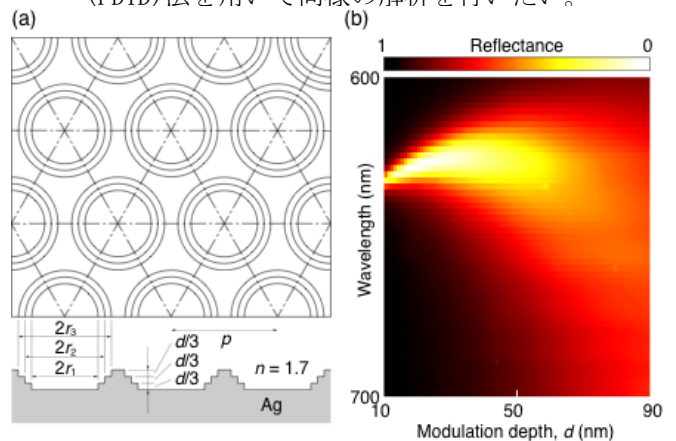


図 1 : (a) 計算に用いたプラズモニック結晶のモデルと (b) この構造に垂直方向から光を入射したときの反射率を入射光波長と開口の深さに対して計算した結果。

平成 24 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**, 5168-5177 (2012).

【国際会議、学会などでの口頭発表】

Takayuki Okamoto, “Light extraction from OLEDs with plasmonic structures,” The 19th International Display Workshops in conjunction with Asia Display 2012, Kyoto, December 6 (2012).