

課題名 (タイトル) :

ランダムフォトリック結晶レーザのモード特性解析

利用者氏名 : 武田 征士

所属 : 和光研究所 基幹研究所 緑川レーザー物理工学研究室

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

フォトリック結晶の持つ屈折率周期性にランダムな構造揺らぎを与えると、フォトリックバンドギャップの周波数位置が空間内で乱れることで、構造内を伝搬するバンド端低群速度波 Slow Bloch Mode (SBM) が極めて強い多重散乱を受ける。この散乱では、自由空間における散乱よりも小さな実効的散乱平均自由行程が得られるため、アンダーソン局在を容易に誘起することが可能である。このような、多重散乱による光局在を促すフォトリック結晶構造は Disordered Photonic Crystal (もしくは「ランダムフォトリック結晶」) と呼ばれ、新たな光共振器概念の創出につながる新構造として注目を集めている。しかしながら、これまで実験により報告されてきたランダムフォトリック結晶は、いずれも 1 次元線欠陥内における光閉じ込めに関するものであり、面発光型微小レーザ素子に必須の 2 次元平面内の光閉じ込めについては報告されていない。

我々は、実験により 2 次元ランダムフォトリック結晶レーザ素子を作製、その高効率な光閉じ込め機能を実証した。本研究課題においては、得られた実験結果を理論的にサポートする為、数値計算による局在モード特性解析を行った。

2. 具体的な利用内容、計算方法

計算アルゴリズムには 2 次元 FDTD (有限差分時間領域) 法を用いた。InP を模擬した基板に空孔を三角格子状に配置したものを基本構造とした。空孔の径および格子定数は、バンドギャップ直下の低群速度波の波長が 1550 nm となるように選んである。空孔の位置を各々ランダムな方向にシフトさせることで、構造に僅かな揺らぎを導入した。シフト量を 0 - 70 nm の範囲で与えることで、ランダムネスを調節した。本構造のインパルス応答を解析することで、局在するモードの周波数、モードプロファイル、モード面積、Q 値を計算した。

3. 結果

構造のランダムネスを増加させるにつれ、構造全域に広がっていた SBM が微小領域に徐々に局在する様子が観測された (図 1)。

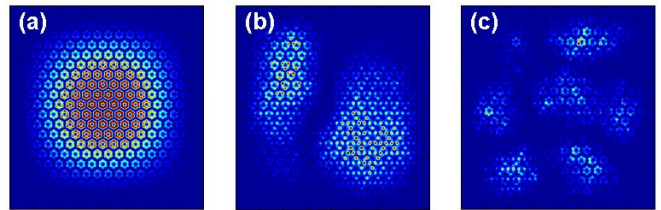


図 1. ランダム揺らぎの導入に伴う SBM (Slow Bloch Mode) 空間プロファイルの局在の様子。ランダムネスは各々 (a) 0 nm, (b) 30 nm, (c) 60 nm.

局在した電界強度は空間的に指数関数的な減衰を示し、実験により得られた近接場光学顕微鏡像とよく一致している。また、過度のランダムネスの導入はバックグラウンドの周期性を損ない、Q 値の低下やモード面積の増大を招き、レーザ発振効率の低下につながることが示された。

4. まとめ

FDTD 法により、ランダムフォトリック結晶のモード解析を行うことで、光局在現象の実験との整合性が示された。

平成 24 年度 RICC 利用報告書

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】

Seiji Takeda, Romain Peretti, Thanh-Phong Vo, Shimpei Hamada, Frank Vollmer, Segolene Callard, Xavier Letartre, Christian Seassal, Pierre Viktorovitch, Minoru Obara, “Near-field observation of localized lasing modes in a two-dimensional disordered photonic crystal” (submitted to Optics Express)