

Sol-gel 法により堆積した $\text{Er}_x\text{Y}_{2-x}\text{SiO}_5$ 結晶のフォトニック結晶への応用

Application of $\text{Er}_x\text{Y}_{2-x}\text{SiO}_5$ crystal for photonic crystal fabricated by sol-gel method

電気通信大院情報理工 °中村 絃人、一色 秀夫

The University of Electro-Communications, °Ghent Nakamura, Hideo Ishhiki

E-mail: nakamura@flex.es.uec.ac.jp

1. 背景および目的

$\text{Er}_x\text{Y}_{2-x}\text{SiO}_5$ 結晶は常温で C バンドの鋭い発光ピークをもつ優れた発光材料であり、シリコンフォトニクスにおける光源、光アンプの材料として応用が期待されている。[1]しかし、屈折率がシリコンより低いことがデバイス化に向けた障壁となっている。本研究では光の分散関係を自由に制御できるフォトニック結晶構造を $\text{Er}_x\text{Y}_{2-x}\text{SiO}_5$ 結晶に応用する上での特性について議論する。特に、従来 $\text{Er}_x\text{Y}_{2-x}\text{SiO}_5$ 結晶を成膜する方法として従来用いていた sol-gel 法を用いた場合についてフォトニック結晶導波路構造の伝搬特性評価等を通し、フォトニック結晶構造を適用する上での特性を解析した。

2. 設計と試料作製

フォトニック結晶導波路は 2 次元正方格子型線欠陥導波路を用いた。伝搬方向の分散関係を透過屈折率を用いた super-cell 法により導出し、 $\text{Er}_x\text{Y}_{2-x}\text{SiO}_5$ 結晶の発光ピーク $1.53\mu\text{m}$ がフォトニックバンドギャップ中にくるよう設計した。試料作成においては電子線リソグラフィと反応性イオンエッチングにより SOI 基板上にフォトニック結晶導波路パターンを形成し、sol-gel 法により $\text{Er}_x\text{Y}_{2-x}\text{SiO}_5$ 結晶を堆積した。作製した導波路はシリコン基板の劈開面より先球ファイバを用いて可変レーザー光を入射し、同じく先球ファイバでデカップリングした 光をパワーメーターで観測した。

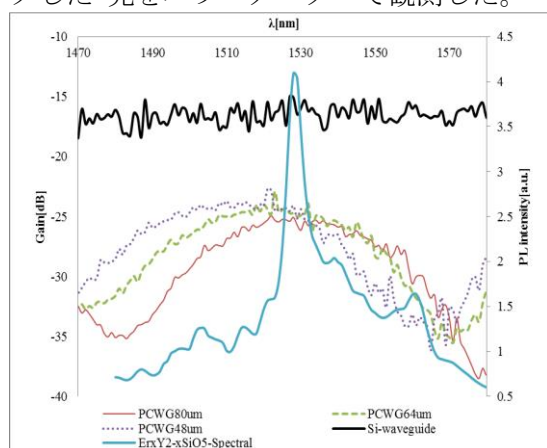


図 1 $\text{Er}_x\text{Y}_{2-x}\text{SiO}_5$ 結晶を用いた
フォトニック結晶導波路の伝搬特性

3. 実験結果

3.1 導波路特性計測

導波路長を 84、64、48 μm に変化させ、劈開面からの結合に用いた Si 導波路と比較することで図 1 の伝搬損失についての結果を得た。青

線は $\text{Er}_x\text{Y}_{2-x}\text{SiO}_5$ 結晶の PL 発光スペクトルである。この図より、帯域 1500~1540nm で -50dB/cm であることが分かった。

3.2 顕微フォトルミネッセンス測定

導波測定と同様の構造のフォトニック結晶上で顕微フォトルミネッセンス測定を行った結果が図 2 である。

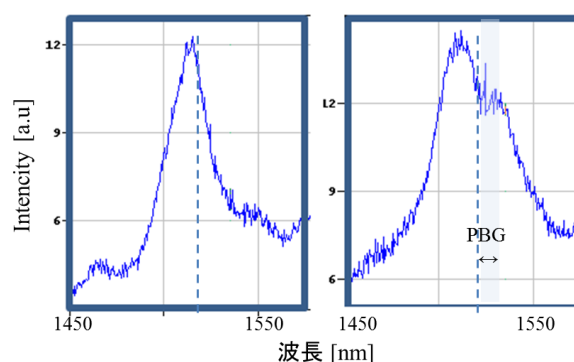


図 2 顕微フォトルミネッセンス測定
フォトニックバンドギャップ(PBG)に相当する
部分で発光強度が減少していることが分かる。
これはバンドギャップ内で光の自然放出が抑制
されたためである。

4. 考察

導波特性評価により得られた伝搬損失は同プロセスを用いて作られたフォトニック結晶導波路の傾向と一致した。[2]よって、フォトニック結晶構造が本プロセスで作製できることが分かった。並びに、伝搬損失が大きく、このプロセスは導波路構造には向かないことが分かった。これは、シリコンとの屈折率比が小さいため、モード体積が増大し、多モードが立つため、結晶の異方性に強く影響を受けたためである。

顕微フォトルミネッセンス測定では PBG 内の発光抑制効果を確認できた。つまり、同プロセスのフォトニック結晶により材料の発光特性を制御できることが分かった。

本研究のフォトニック結晶はモード体積が大きい特徴を持つ。これは、結合距離を長く取り、活性領域を大きくする必要がある DFB レーザーなどへの応用が考えられる。

参考文献

- [1] T. Nakajima, Y. Tanaka, T. Kimura, and H. Ishhiki, Jpn. J. Appl. Phys. 52, 082601 (2013)
- [2] M. Notomi, A. Shinya, S. Mitsugi, E. Kuramochi, and H. Ryu, Opt. Express 12, 1551-1561 (2004),