

フォトニック結晶シリコン中の格子欠陥に関する研究

Research of lattice defect in photonic crystal silicon

東大工, °濱中 優貴, 河合 直行, 和田 一実

Univ. of Tokyo, °Yuki Hamanaka, Naoyuki J. Kawai, Kazumi Wada

E-mail: kwada@material.t.u-tokyo.ac.jp

序論

フォトニック結晶は、波長オーダーの領域へ光を局在する性質により注目されており、デバイス応用も始まっている[1]。しかし、フォトニック結晶の作製時に穴の近傍に導入されるダメージ(格子欠陥)に関する議論はほとんどされていない。最近、格子欠陥が導入された Si は、シリコンの電氣的なバンドギャップよりエネルギーの低い近赤外光を検知することができ、格子欠陥の準位が Si の電氣的なバンドギャップ内にあるとの報告がある[2]。このため、フォトニック結晶中を用いた共振器の製作過程で導入される格子欠陥は共振器の品質因子(Q 値)を劣化する可能性を持つため、その性質の解明は重要である。本研究では、格子欠陥由来の準位の存在を PL 法により確認した。

実験方法

SOI 基板(Si 層 250nm)を用い、ドライエッチング(塩素系ガスをを用いた RIE)により BOX(SiO₂)上に 2 次元フォトニック結晶の共振器を作製した。共振器は、図 1 に SEM 観察結果を示すように、フォトニック結晶導波路に数個ずつの穴を形成した、いわゆる L3 共振器とした。図 1 は 4 個ずつ穴をおいた構造で、以下 4-3-4 共振器と呼ぶ。作製した共振器は 1-3-1, 2-3-2, 3-3-3, 4-3-4 共振器の 4 種類である。これに加え、フォトニック結晶導波路のみ、フォトニック結晶のみの領域(以下フォトニック結晶領域と呼ぶ)の計 6 種類の構造を作製した。これらフォトニック結晶中の格子欠陥の検出には、室温 PL スペクトルを用いた。また FDTD 法によりフォトニック結晶の共振モードを見積もった。

実験結果

6 種類の構造のうち、4-3-4 共振器、フォトニック結晶導波路、フォトニック結晶領域のスペクトルを図 2 に示す。フォトニック結晶領域において、通常 Si の発光が見られない 1400~1650nm の波長帯に連続的な弱い発光がみられた。共振器、フォトニック結晶導波路いずれにおいても、共振による発光強度の増強が見られた。プロセスを行っていない SOI 部のシリコンからは、同図に示すようにさらに弱い発光が検出されるため、図 2 の発光は上記プロセスにより導入された格子欠陥と考えられる。

考察

フォトニック結晶と比較し、4-3-4 共振器およびフォトニック結晶導波路では、1540nm 付近および 1575nm 付近に発光が見られる。その強度は共振器の Q に比例したことから、このピークはフォトニック結晶領域で見られた欠陥由来の光が共振器で増強されたものと考えられる。発表ではこれらのピークの FDTD シミュレーション結果についても報告する。

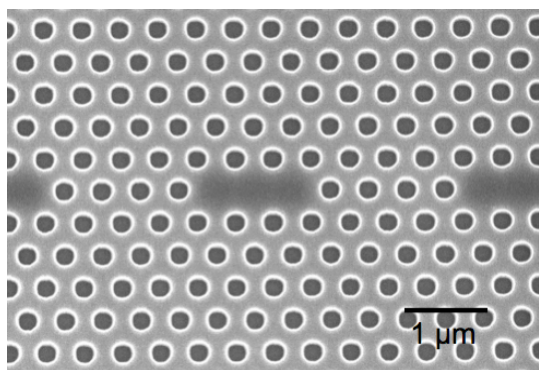


図 1 共振器構造の SEM 像

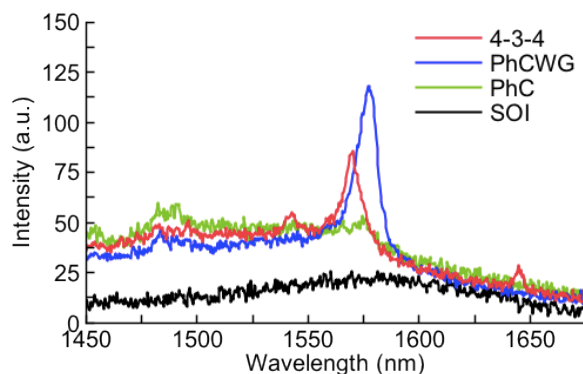


図 2 PL スペクトル

参考文献

- [1] R. M. De La Rue and C. Seassal, Laser Photonics Rev. 6, 564-587, 2012
- [2] M. W. Geis et al., Optics Express, 15, 16886, 2007.