フォトニック結晶レーザ特性に与える格子点の形状・材質の影響の考察

Effects of unit cell structure and material on the performance of photonic crystal lasers

京大院工 [1], ACCEL JST[2] ○中川 翔太 [1], 北川 均 [1,2], 田中 良典 [1,2], 野田 進 [1,2]
Kyoto Univ.[1], ACCEL JST[2] ○S. Nakagawa[1], H. Kitagawa[1,2], Y. Tanaka[1,2], and S. Noda[1,2]
E-mail: shotan@qoe.kuee.kyoto-u.ac.jp, snoda@kuee.kyoto-u.ac.jp

【序】2 次元フォトニック結晶レーザ(PCSEL)は、フォトニック結晶を大面積共振器として利用し、高出力動作を可能とする半導体レーザである。これまでに 200 μm 角の素子によってワット級の単一モード発振が実現しており[1]、現在フォトニック結晶構造およびデバイス構造に関する高出力のための様々な研究が行なわれている[2]。本研究ではシングルホール格子点フォトニック結晶構造を例として、格子点形状およびその材質の与える影響について考察した結果について報告する。【解析】計算では、以前にワット級動作の得られた空気孔格子点形状（すなわち垂直直角三角形＋三角錐形状[1] (Fig.1 左)）をリファレンスとしつつ、今回、新たに、より単純な格子点形状、すなわち垂直直角三角形孔のみをもつ格子点形状(Fig.1 右)を考えた。また、その材質としては、SiO_2 を想定して、屈折率を 1.45 とした。これらの構造に対し、レーザ出射を決定する垂直方向への放射係数の孔充填率(Filling factor)依存性について解析した。その結果を Fig.2 に示す。図中の破線はリファレンス構造の放射係数(36 cm^{-1})を表している[1]。同図から分かるように、孔充填率を 15.6 %から 20 %とすることで、放射係数を従来構造とほぼ同等の値とできることが明らかになった。同時に、同形状において、屈折率 1 の空気孔の放射係数を併記しているが、屈折率 1.45 の SiO_2 の場合の放射係数との差が小さいことも見て取れる。また、発振する際の基本モードおよび次高次モード間の閾値利得差についても解析を行なった(Fig.3)。これより、提案する構造によって、リファレンス構造において達成された閾値利得差を大きく改善することができ、200 μm 角で達成されていた閾値利得差を 450 μm 角まで拡大しても達成されうることが導かれた。以上の結果は、将来、垂直直角三角形をもつ SiO_2 を MOVPE 等でデバイス内部に、形状を維持したまま埋め込むことが出来るようになると、デバイス特性向上が期待でき、新たな自由度を付加できることを示唆している。詳細については当日報告する。【謝辞】本研究の一部は、ACCEL JST ならびに文科省光拠点の援助を受けた。

【文献】[1] K. Hirose, *et al.*, Nature Photonics **8**, 406-411 (2014), [2] Y. Liang, *et al.*, 2014 秋応物, 18p-C8-7, [3] Y. Liang, *et al.*, Phys. Rev. B **84**, 195119 (2011)

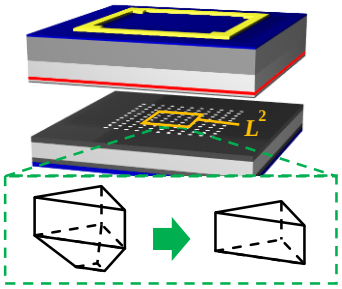

Fig.1 実際に作製されたデバイス(上), フォトニック結晶格子点モデル(左はリファレンス空気孔格子点、右は今回考察する SiO_2 格子点)

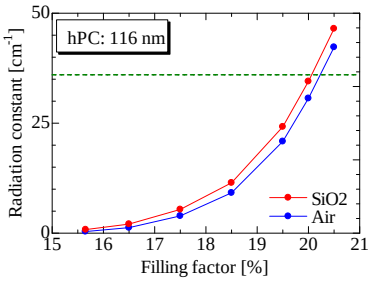

Fig.2 直角三角形格子点における放放射係数の孔充填率依存性(孔材質として空気, SiO_2 を併記、破線はリファレンス構造値)

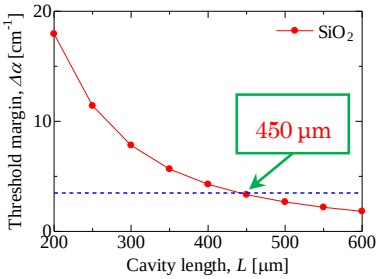

Fig.3 SiO_2 格子点のモード間閾値利得差の共振器長依存性(挿入図: 面内孔構造、破線は 200 μm 角でのリファレンス構造値)

© 2015年 応用物理学会