

ダブルホール格子点をもつフォトニック結晶レーザの作製

Fabrication of photonic-crystal surface-emitting lasers with double-hole lattice points

浜ホト¹、京大院工²、ACCEL JST³ ○渡邊明佳^{1,3}、廣瀬和義^{1,3}、杉山貴浩^{1,3}、梁 永^{2,3}、
北川 均^{2,3}、野田 進^{2,3}

Hamamatsu Photonics K.K.¹, Kyoto Univ.², ACCEL JST³ ○Akiyoshi Watanabe^{1,3},
Kazuyoshi Hirose^{1,3}, Takahiro Sugiyama^{1,3}, Yong Liang^{2,3}, Hitoshi Kitagawa^{2,3}, Susumu Noda^{2,3}
E-mail: akiyoshi@crl.hpk.co.jp, snoda@kuee.kyoto-u.ac.jp

フォトニック結晶レーザ[1]は、フォトニック結晶のバンド端共振作用により、大面積コヒーレント発振が可能な高出力面発光型半導体レーザ(PCSEL)であり、すでに $200\mu\text{m}$ 角程度の発光面積をもつ素子から CW 光出力 1.5W [2,3]、パルス駆動ピーク光出力 30W 以上[4]の狭放射角、高ビーム品質動作が報告されている。今後、縦横単一モード性を保ったまま、さらに高出力動作を実現するためには、基本モードと高次モードの利得差を十分に大きくすることが重要であり、この目的のために、フォトニック結晶格子点としてダブルホール構造を用いることが有効であることが、前回、本学会にて報告された[5]。今回、直角二等辺三角形のダブルホール格子点をもつ PCSEL を初めて試作したので報告する。

PCSEL 作製に用いた、ダブルホール格子点のエピタキシャル埋め込み前の上面 SEM 写真の例を Fig.1 に示す。二つの直角二等辺三角形の重心点間距離は、 x, y 方向にそれぞれ $\lambda/4$ 程度となるように設計されている (λ は媒質内発振波長)。この時、 x (あるいは y) 方向に伝搬する光が、大小それぞれの格子点において反対 (-180°) 方向に回折されるとき位相差は $\lambda/2$ 程度となり、部分的な打消し合いが生じる。その結果、 $\pm 180^\circ$ 方向に伝搬する光波の光結合係数 κ_3 は、シングルホールの場合に比べて小さくなる。特に、高次モードほど、この影響を大きく受け、面内閉じ込め効果が弱くなる。その結果、基本モードと高次モードの閾値利得差が大きくなり、より高出力での単一縦横モード発振が可能となると期待される。この時、高効率な面発光出力を得るため、面垂直方向の回折効果 (放射係数) を高くすることも重要で、ダブルホール構造の最適な設計が重要となる。今回、作製したダブルホール格子点 PCSEL ($300\mu\text{m}$ 角) の、CW 駆動時における光出力特性を Fig.2 に示す。スロープ効率 0.26W/A 、閾値電流密度 600A/cm^2 での発振が確認された。Fig.3 はダブルホール格子点結晶のバンド構造の一例であるが、従来のシングルホールのものとは異なる特徴的なバンド構造、発振バンド端が観測された。理論計算との比較の結果、バンド構造および発振点は、大小それぞれの格子点の空気充填率および重心間距離に大きく依存し、基本モードと高次モードの閾値利得差を大きく保つためには、特に重心間距離が、臨界距離を超えないことが重要であることが見出された。今回のデバイスは、臨界距離をわずかに超えていること、さらに大小格子点の埋め込み後の空気充填率差が小さいことが課題であることも判明した。詳細は当日報告する。本研究の一部は、ACCEL JST、文科省光拠点の援助を受けた。【文献】[1]M.Imada, S.Noda, et al, APL, 75, 316 (1999), [2]廣瀬他, 2013 年秋応物 18p-A3-10, [3]K.Hirose, et al, Nature Photon. 8, 406 (2014), [4]廣瀬他, 2014 年春応物 18a-E16-6, [5]梁他, 2014 年秋応物 2014 年秋 18p-C8-7

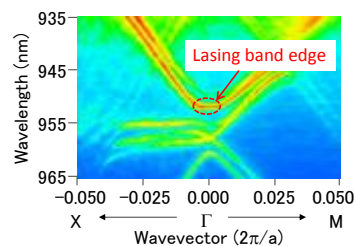
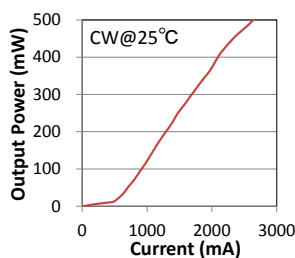
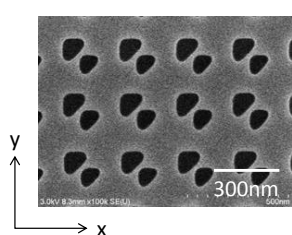


Fig.1 SEM image of DH-PC Fig.2 Light output of DH-PCSEL Fig.3 Band structure of DH-PCSEL