

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 (II)

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

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

フォトニック結晶のバンド端共振作用に基づいて動作する、フォトニック結晶面発光型レーザ (PCSEL) [1]は、大面積からのコヒーレント発振が可能な高出力半導体レーザである。これまで発光領域 $200 \mu\text{m}$ 程度の素子において、CW 駆動下で光出力 1.5W、狭放射高ビーム品質、単一スペクトル動作が報告されている[2,3]。さらなる高出力化のためには発光領域を拡大することが有効であるが、単純に従来フォトニック結晶構造を使用した場合、面内の光閉じ込めが大きくなるため、高次モードが生じやすくコヒーレント特性を維持することが難しくなる。このため、Fig.1 に示すようなダブルホール格子点を有する PCSEL 構造が提案されている[4]。本構造では、大小孔の重心点間隔を x, y 方向にそれぞれ $a/4$ (a =格子定数) 離すことで面内結合効率 κ_3 を小さくでき、光閉じ込めの低減が期待できる。前回、ダブルホール格子点 PCSEL を初めて試作し、CW 室温発振を確認したが、所望のバンド端発振が得られなかったことを報告した[5]。本報においては、ダブルホール格子点構造の最適化による、所望のバンド端発振の実現と、そのコヒーレント特性について述べる。

ダブルホール格子点構造においては、Fig.2 左のバンド実測図内に矢印で示した発振しやすい2つのバンド端が存在するが、解析計算よりバンド端 A において基本-高次モード間の閾値利得差が大きく、高出力基本モード発振が期待できることが分かっている。より詳細な解析計算によると、バンド端 A, B における基本モード閾値利得値は均衡しており、わずかな大小孔重心点間距離の違い等により、発振バンド端が入れ替わることが分かった。そこで、重心点間隔の $a/4$ からのズレ Δd を 1nm、-2nm とした素子を作製し、その発振特性について評価した。Fig.2 右に電流注入値 1A(CW)における各素子のスペクトル特性を示す。重心点間隔のわずかな違いにより発振波長が 10nm 以上変化し、 $\Delta d=1\text{nm}$ 素子はバンド端 B 発振、 $\Delta d=-2\text{nm}$ 素子はバンド端 A 発振に対応していることが分かった。電流注入値 1A 時の FFP を Fig.3 に示す。 $\Delta d=1\text{nm}$ 素子は 2° 以上の広放射パターンであるのに対して、 $\Delta d=-2\text{nm}$ 素子はスポット状の 1° 以下の放射パターンが得られている。以上より、ダブルホール格子点の最適設計により所望のバンド端 A 発振を実現し、高ビーム品質光の得られることを確認した。このことは、本研究で用いた解析計算の妥当性をも示している。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]梁他, 2014 年秋応物 18p-C8-7, [5]渡邊他, 2015 年春応物 12p-A10-1

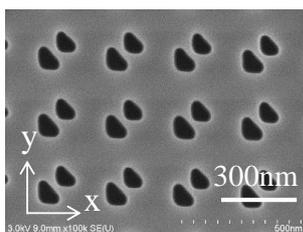


Fig.1 SEM image of DH

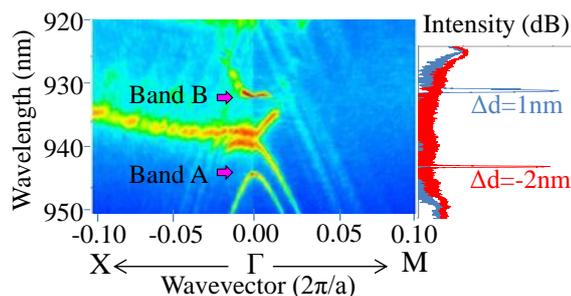


Fig.2 Band structure and lasing wavelength

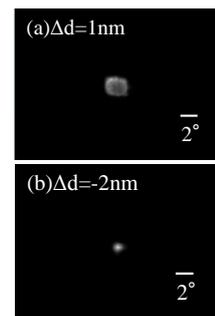


Fig.3 FFP