## 埋め込み再成長法による変調フォトニック結晶レーザーの発振特性評価

Evaluation of lasing characteristics of modulated photonic-crystal lasers

fabricated by air-hole retained overgrowth

京大院工 °石崎賢司,坂田諒一,岩田錦太郎,田中良典,De Zoysa Menaka, 初田蘭子,吉田昌宏,野田進

Kyoto Univ., °K. Ishizaki, R. Sakata, K. Iwata, Y. Tanaka, M. De Zoysa, R. Hatsuda, M. Yoshida, and S. Noda

E-mail: ishizaki@qoe.kuee.kyoto-u.ac.jp, snoda@kuee.kyoto-u.ac.jp

フォトニック結晶レーザーは、2 次元フォトニック結晶のバンド端共振作用を活用した面発光型の半導体レーザーであり、格子点形状の設計等により、ビーム形状や偏光の制御も可能という特長を有している [1]。このようなフォトニック結晶レーザーにおいて、我々は、フォトニック結晶の格子点に変調を与えた「変調フォトニック結晶」の概念を導入し、任意の 2 次元方向へのビーム出射を実現するとともに、電気的なビーム走査の基本実証にも成功した [1]。電気的ビーム走査が可能な半導体レーザーは、今後、LiDAR 等の光センシングへの応用展開が期待されるため、前回、高出力動作に適した手法である MOPVE 法による埋め込み再成長法 [2] を用いた変調フォトニック結晶レーザーの作製について検討を行い、設計方向へのビーム出射を実証した [3]。今回、こうして作製された変調フォトニック結晶レーザーの発振特性について、詳細な評価を行ったので報告する。

図 1(a)に、デバイスの模式図および導入した変調フォトニック結晶の SEM 像(1 軸射影変調、変調振幅 0.15a、設計出射角 $\pm 10$  度)を示す。作製したデバイスにおいて実測した、バンド構造を図 1(b)に示す。同図中のバンド端 A-D の周波数から、1 次元・2 次元の結合係数は、それぞれ $|\kappa_{1D}|$   $\sim 1,400~{\rm cm}^{-1}$ 、 $|\kappa_{2D+}|\sim 210~{\rm cm}^{-1}$  および $|\kappa_{2D-}|\sim 105~{\rm cm}^{-1}$  と見積もられる。図 1(c)には、電極サイズの異なるデバイスにおいて発振スペクトルを測定した結果の一例を示す。測定は、パルス駆動(パルス幅  $100~{\rm nsec}$ )にて行った。両サイズのデバイスとも、期待される発振バンド端 C あるいは D (どちらも同じ方向へビーム出射)で発振していることが分かる。より詳細に見ると、 $C=50~{\rm mm}$  のデバイスでは、発振直後にバンド端 C から C へと切り替わり、発振閾値の C 倍程度まで単一モード動作している様子が見て取れる。 $C=100~{\rm mm}$  のデバイスにおいては、発振閾値の C 倍程度から、バンド端 C 群の中で、複数の発振ピークが観察された。これは、デバイスサイズの拡大により、面内に複数の腹をもつ高次横モードの損失が低下し、発振を生じたためであると考えられる。これらの結果は、デバイス構造の最適化に重要な知見を与えるものであるが、詳細は当日報告する。

【謝辞】本研究の一部は、JST-CREST (JPMJCR17N3)、戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) および科研費 (JP18J22986) の支援を受けた。

【参考文献】[1] S. Noda, et al., IEEE J. Sel. Top. Quantum. Electron. 23, 4900107 (2017). [2] M. Yoshida, S.Noda, et al., Nat. Materials (2018) 10.1038/s41563-018-0242-y. [3] 石崎, 野田, 他, 2018 年秋季応物 19a-225B-9,

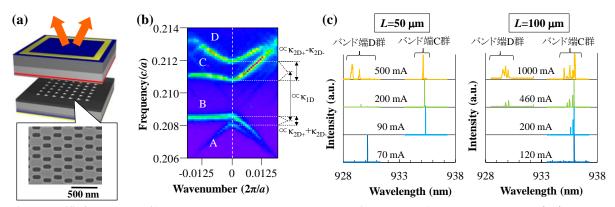


図1. (a) 模式図とSEM像。(b),(c) フォトニックバンド構造 および発振スペクトルの測定結果。