

分割領域フォトニック結晶レーザーの周波数変調増大の検討

Enhancement of frequency modulation of multi-section photonic-crystal lasers

京大院工¹, 東北大院工², KDDI 総合研究所³, 早大理工⁴, ◦森田遼平^{1,2}, 井上卓也¹, 仲野秀栄¹,
De Zoysa Menaka¹, 石崎賢司¹, 石村昇太³, 高橋英憲³, 釣谷剛宏³, 鈴木正敏⁴, 野田進¹
Kyoto Univ.¹, Tohoku Univ.², KDDI Research, Inc.³, Waseda Univ.⁴, ◦R. Morita^{1,2}, T. Inoue¹, S. Nakano¹,
M. De Zoysa¹, K. Ishizaki¹, S. Ishimura³, H. Takahashi³, T. Tsuritani³, M. Suzuki⁴, S. Noda¹
E-mail: ryohei.morita.c1@tohoku.ac.jp, snoda@kuee.kyoto-u.ac.jp

[序] 高出力(>W)・高ビーム品質動作可能なフォトニック結晶レーザー (PCSEL)¹⁾において, 高速 (>GHz) な直接変調動作が可能となれば, 衛星間通信をはじめとした自由空間光通信への展開が期待される²⁾. 我々はこれまで, 周波数(FM)変調動作を可能とする分割領域 PCSEL 構造を提案するとともに³⁾, 実際に作製した素子においてワット級 FM 変調動作の初期実証に成功している⁴⁾. 今回, FM 変調動作の変調増大に向けて, 素子構造の改良設計を行ったので報告する.

[解析結果] 分割領域 PCSEL の基本構造の模式図を Fig. 1 (a)に示す. フォトニック結晶共振器は, Fig. 1(b)に示すように, 僅かな格子定数差 Δa を有する 2 領域に分割されており, 発振領域 (直径 $D = 500 \mu\text{m}$) 全体において単一モード発振を維持しつつ, 発振領域内部にバンド端周波数差が導入される. ここで, この格子定数の異なる 2 領域に一定のバイアス電流を注入しつつ, 互いに逆相の高周波変調電流を重畳することで, 2 領域の注入電流の差とバンド端周波数差に比例して, 瞬時発振周波数を高速に変化させることが可能になる³⁾. ここで, 逆相の変調電流注入を実現するための電極構造として, 前回の報告では, Fig. 2(a)に示すように出射面側の n 型電極を分割した構造を作製した⁴⁾. 各分割電極の注入電流割合を変化させた際の, 活性層の注入電流密度分布の計算結果を Fig. 2(b)に示すが, 分割電極から基板を介して活性層に到達するまでに電流が拡散し, 電流密度の変化量が比較的小さいことがわかる. そこで, Fig. 2(c)に示すように, 活性層に近い裏面の p 型電極を分割した構造を新たに検討した. 同構造における活性層の注入電流密度分布は Fig. 2(d)となり, 前回構造と比較して, 5~10 倍程度の大きな電流密度変化が得られることが期待される. 両構造について, 格子定数差を $\Delta a = 1.0 \times 10^{-4}a$ ($a = 276 \text{ nm}$) とし, 直流電流 1.25 A に振幅 0.15 A の逆相正弦波信号を重畳した際の周波数変調量の変化を Fig. 3 に示す. なお, 比較のため, 電極や共振器を分割していない通常の PCSEL の結果も示している. 同図より, p 側電極を分割した PCSEL は, n 側電極を分割した PCSEL よりも, 周波数変化量を 1 桁程度増大可能であることが期待される. 設計構造の作製結果を含め, 詳細は当日報告する.

[謝辞] 本研究の一部は科研費 (22H04915, 24H00430, 24K17622) および BRIDGE の支援を受けた.

[文献] 1) M. Yoshida et al., *Nat. Mater.* **18**, 121 (2019). 2) S. Ishimura et al., *J. Lightw. Technol.* **41**, 3688 (2023). 3) 井上 他, 2023 年春応物, 17p-A303-3 (2023). 4) 仲野 他, 2024 年春応物, 23p-11E-7 (2024).

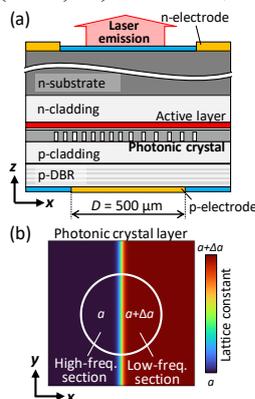


Fig. 1. (a) Schematic of a two-section PCSEL. (b) Lattice constant distribution.

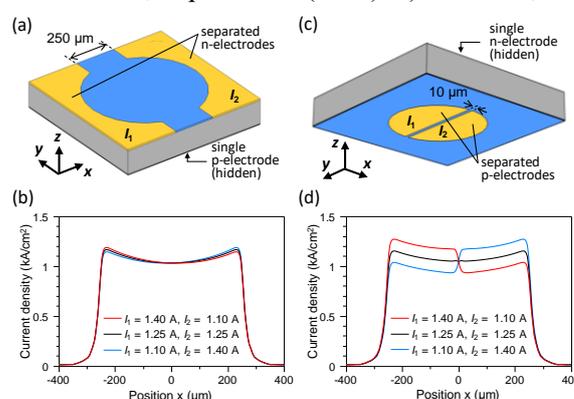


Fig. 2. (a) Schematic structure and (b) calculated current density distribution with separated n-electrodes. (c) Schematic structure and (d) calculated current density distribution with separated p-electrodes.

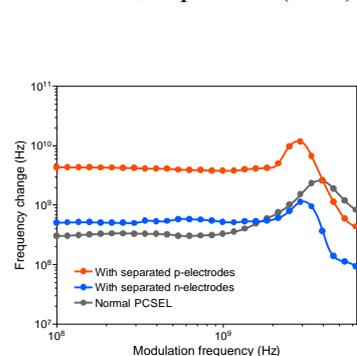


Fig. 3. Calculated frequency change as a function of modulation frequency.