

波長サイズ埋込み活性層フォトニック結晶レーザの高出力化

High output power operation of a LEAP laser

日本電信電話株式会社 NTT フォトニクス研¹, NTT 物性基礎研², ナノフォトニクスセンタ³○佐藤具就^{1,3}, 武田浩司^{1,3}, 新家昭彦^{2,3}, 倉持栄一^{2,3}, 納富雅也^{2,3},長谷部浩一^{1,3}, 碓塚孝明^{1,3}, 松尾慎治^{1,3}NTT Photonics Labs.¹, NTT Basic Research Labs.², Nanophotonics Center³, NTT Corporation○T. Sato^{1,3}, K. Takeda^{1,3}, A. Shinya^{2,3}, E. Kuramochi^{2,3}, M. Notomi^{2,3},K. Hasebe^{1,3}, T. Kakitsuka^{1,3}, and S. Matsuo^{1,3}

E-mail: sato.tomonari@lab.ntt.co.jp

我々は、オフチップおよびオンチップ光配線用光源として波長サイズ埋込み活性層を用いたフォトニック結晶(LEAP)レーザの研究を行っている。これまでに、電流駆動により、 $7.9\ \mu\text{A}$ という低しきい値 CW 動作、 $14\ \text{fJ/bit}$ の低消費エネルギーでの $12.5\ \text{Gb/s}$ 直接変調動作、 95°C までの高温 CW 動作を実現している[1]。しかしながら、素子上での光出力は $10\ \mu\text{W}$ 程度と小さく、オフチップ光インターコネクション用途には高出力・高効率化が必要であった。今回、活性層の量子井戸層数を増加すると共に、素子抵抗を削減することで、高出力化を実現したので報告する。

作製した素子の活性層には、波長 $1.55\ \mu\text{m}$ に利得ピークを持つ InGaAlAs 系 6 層量子井戸構造 (従来は 3 層) を用いた。この活性層を InP で微小領域 (体積: $2.5 \times 0.3 \times 0.15\ \mu\text{m}^3$) に埋込んだ。素子抵抗削減のために、p 型、n 型 InP 作製時のノンドープ InP への Zn 拡散量、Si イオン注入量を従来よりも増加させた。犠牲層には InAlAs 層を用い、フォトニック結晶の格子定数は $420\ \text{nm}$ とした。

Fig.1 に作製した素子および従来素子の光出力-電流-電圧特性、Fig.2 に電力変換効率-注入電流特性を示す。今回作製した素子のしきい値電流は $32\ \mu\text{A}$ であり、 $300\ \mu\text{A}$ 注入時には $39.3\ \mu\text{W}$ の光出力が得られた。発振波長はおよそ $1551\ \text{nm}$ であり、素子抵抗は従来素子の $2/3$ 程度であった。従来素子の特性と比較すると、井戸層数の増加に伴ってしきい値電流は増大したものの、井戸層数増加および素子抵抗の削減効果により、光出力は 4 倍程度増大した。さらに、電力変換効率についても、最大値は 10.7% であり、従来素子の 3 倍以上に増加した。

高い光出力や電力変換効率は、高速変調動作にも求められる重要な特性である。今後、井戸層数の最適化、電極間距離の短縮等により、さらなる高出力化、高効率化が期待できる。

[1] S. Matsuo et al., IEEE J. Sel. Topics Quantum Electron., vol. 19, no. 4, 4900311, 2013.

[謝辞] 本研究の一部は NEDO の助成事業の一環として行われた。

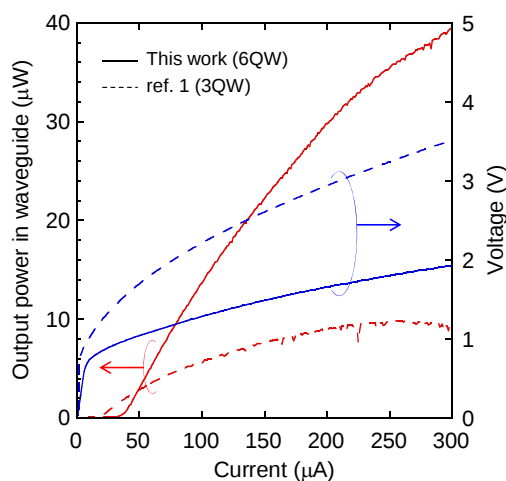


Fig. 1 Plots of output power in waveguide and voltage as a function of injection current for LEAP lasers.

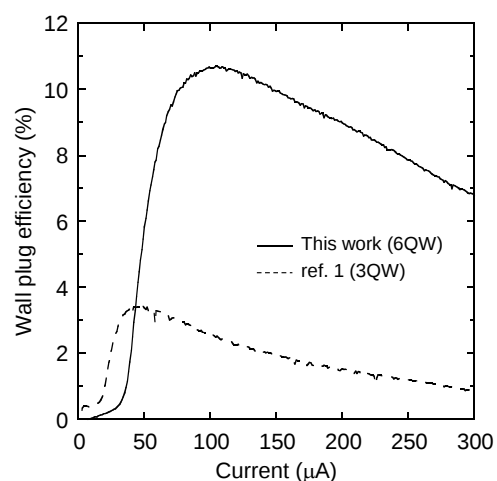


Fig. 2 Wall plug (power conversion) efficiency versus current characteristics of LEAP lasers.