

フォトニック結晶レーザーへの複数接合活性層の導入：実験的実証

Experimental demonstration of photonic-crystal lasers with multijunction active layers

京大院工, [○]勝野 峻平, 吉田 昌宏, 井上 卓也, De Zoysa Menaka, 初田 蘭子,

奥田 功太郎, 石崎 賢司, 野田 進

Kyoto Univ., [○]S. Katsuno, M. Yoshida, T. Inoue, M. De Zoysa, R. Hatsuda,

K. Okuda, K. Ishizaki, and S. Noda

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

[序] フォトニック結晶レーザー (PCSEL) は、活性層近傍に設けた 2 次元フォトニック結晶の特異点 (Γ 点) における共振効果を利用した面発光型半導体レーザーである ¹⁾. PCSEL は大面積コヒーレント発振による高輝度動作が可能であり ²⁾, さらに、2 次元ビーム走査や任意のビーム形状の生成 ³⁾, 短パルス高ピーク出力動作 ⁴⁾ などの高機能性をも有することから、LiDAR センシングやレーザー加工をはじめとした幅広い応用展開が期待されている. これらの様々な応用において、PCSEL のスロープ効率の向上は、光出力の増大や、駆動電流の低減に繋がるため極めて重要である. 我々は、そのための手法として、PCSEL への複数接合活性層 (= トンネル層を介して接合した複数の活性層) 導入の検討を進めており、これまでに、その基本設計を見出してきた ⁵⁾. 今回、実際に本構造を導入したデバイスの作製を行い、レーザー発振特性を評価し、スロープ効率の向上を実証することに成功したので報告する.

[設計] 図 1(a)に複数接合活性層を導入した PCSEL の模式図を示す. トンネル層 (p^{++}/n^{++}) を介して複数 (同図では 2 つ) の活性層が積層されており、電極から注入される 1 組の電子正孔対に対して、複数の光子が放出される. そのため、注入電流に対して取り出せる光出力が増大、すなわちスロープ効率の増大が期待出来る.

この際、PCSEL の層構造を適切に設計 ⁵⁾ (図 1(b)左) することにより、図 1(b)右に示すデバイス垂直方向のモードのうち 1 次垂直モードにおいて、トンネル層に節が位置し、活性層とフォトニック結晶層に腹が位置する電界強度分布を形成可能である. 従って、本モードを利用することで、高ドープのトンネル層における吸収損失を避けつつ、発振に十分な利得と共振効果を得ることが可能となる.

[実験] 以上の設計に基づいて、2 接合活性層を導入した、共振領域直径 3 mm の PCSEL を作製し、そのパルス駆動における発振特性を評価した. 図 2 に、2 接合活性層の PCSEL の電流-光出力特性を、単一活性層の PCSEL の特性と併せて示す. 同図より、2 接合活性層の導入によって、期待通り従来の約 2 倍のスロープ効率が得られていることが分かり、複数接合活性層の導入による PCSEL のスロープ効率向上を実験的に実証することに成功した. さらにその結果として、PCSEL としてこれまでで最大となるピーク出力 1.5 kW を達成した. 詳細は当日報告する.

[謝辞] 本研究は科研費特別推進(22H04915) 及び BRIDGE の支援を受けた.

[文献] [1] S. Noda, *et al.*, Adv. Opt. Photon. **15**, 977-1032 (2023). [2] M. Yoshida, *et al.*, Nature **618**, 727 (2023), [3] R. Sakata, *et al.*, Appl. Phys. Lett. **122** 130503 (2023). [4] R. Morita, *et al.*, Nat. Photon. **15**, 311 (2021). [5] 勝野他, 2024 年春季応物, 23a-11E-5.

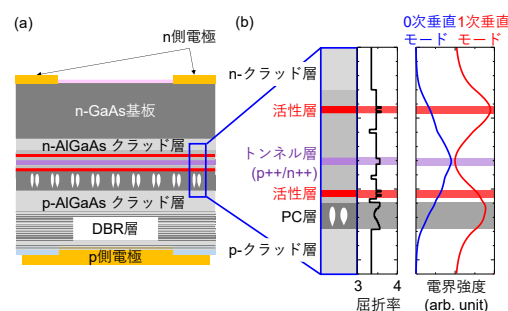


図 1. (a)複数接合活性層を導入した PCSEL の模式図と、(b)デバイス垂直方向の屈折率分布及び電界強度分布 (2 接合の場合).

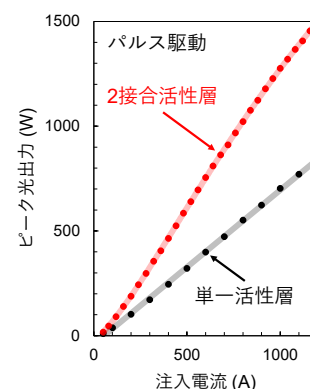


図 2. 電流-光出力特性 (パルス駆動) の測定結果.