フォトニック結晶レーザの自励パルス発振の高出力化に向けた検討

Investigation towards high-power self-pulsating photonic-crystal lasers 京大院工^O森田遼平、井上卓也、De Zoysa Menaka、石崎賢司、田中良典、野田進 Kyoto Univ. [°]R. Morita, T. Inoue, M. De Zoysa, K. Ishizaki, Y. Tanaka, S. Noda E-mail: moritar@qoe.kuee.kyoto-u.ac.jp, snoda@kuee.kyoto-u.ac.jp

[序] フォトニック結晶レーザ(PCSEL)は、2 次元フォトニック結晶のバンド端共振作用を用いた面発光型の半導体レーザである¹⁾。我々は、PCSELの短パルス・高ピーク出力動作の実現に向けて、利得領域の中央部に可飽和吸収領域を設けたドーナツ型裏面電極を有する PCSEL の試作を行い、パルス幅~100psの自励パルス発振を実証し²⁾、最大で1.5W程度のピーク出力が得られることを確認した³⁾。今回、測定結果と数値計算結果の比較を行うことで各種物理パラメータの推定を行い、それをもとに、より高出力な自励パルス発振を実現可能な新たな PCSEL 構造の設計を行ったので報告する。

[パラメータ推定] 作製した PCSELの裏面電極形状 の模式図を Fig. 1(a)に示す。電流注入を行う利得領 域の中央に、水素イオン注入により絶縁化された 可飽和吸収(SA)領域が設けられており、同領域の可 飽和吸収効果により、Fig. 2(a)に示すような自励パ ルス発振が得られる。測定結果との比較解析に用 いた活性層の利得曲線を Fig. 1(b)に示す。ここで は、利得飽和を考慮した利得モデルを採用し、各パ ラメータ(利得の飽和値gmax、透明化キャリア密度 *n*_{tr}、吸収係数 α₀)の値は、別途作製した吸収領域を もたない PCSEL の緩和振動周波数の測定結果のフ ィッティングにより決定した 4。利得領域のキャリ ア寿命 tg を 2ns と仮定し、吸収領域のキャリア寿 命 Tabsを変化させて3次元結合波理論による過渡応 答解析 5)を行ったところ、Fig. 2 に示すように、 Tabs=10ps の場合にパルス発振の概形が測定結果と よく一致した。

[新設計] 上記で推定した各パラメータをもとに、 より高出力発振が可能な PCSEL の設計を行った結 果を Fig. 3(a)に示す。本構造は、Fig.1(a)に示すドー ナツ型電極に、円環状の可飽和吸収領域を追加し た構造であり、電界の腹が外側に存在する高次モ ードの吸収損失を増加させて発振を抑制しつつ、 基本モードに対する可飽和吸収効果を増大するこ とが可能となる。本構造に 4.0A の電流を注入した 際のパルス発振波形の計算結果は Fig. 3(b)となり、 ピーク出力~25W、パルス幅 48ps、平均出力 1W 超 の短パルス・高出力発振が実現可能であることが



Fig. 1. (a) Schematic of the backside electrode of the fabricated self-pulsating PCSEL. (b) Gain function of the active layers for transient analysis of the fabricated device.



Fig. 2. (a) Measured transient response of the fabricated PCSEL. (b)(c)(d) Calculated transient response assuming various τ_{abs} .



Fig. 3. (a) Schematic of a proposed backside electrode of a selfpulsating PCSEL with higher peak power. (b) Calculated transient response of the designed PCSEL at I=4.0A.

判明した。なお、本研究の一部は NEDO 高輝度・高効率次世代レーザー技術開発の支援を受けた。 [文献] 1) M. Imada et al., Appl. Phys. Lett. 75, 316 (1999). 2) 森田他, 2018 春応物 19p-C301-13. 3) 森田他, 本応物. 4) 井上他, 2018 春応物 20a-P3-12. 5) 井上他, 2017 春応物 15a-E205-6.