フォトニック結晶レーザの高出力・短パルス動作の解析 一空孔形状の設計—

Analysis of high-power short-pulse operation of photonic-crystal lasers — Design of air-hole shape —

京大院工¹, K-CONNEX², ^O井上卓也^{1,2}, 森田遼平¹, 田中良典¹, 野田進¹ Kyoto Univ.¹, K-CONNEX², ^oT. Inoue^{1,2}, R. Morita¹, Y. Tanaka¹, S. Noda¹

E-mail: t_inoue@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利用した、 大面積コヒーレント発振が可能な半導体レーザである^{1,2)}。前回、我々は PCSEL の短パルス・高ピーク 出力動作の実現に向けて、利得領域と可飽和吸収領域を有する PCSEL 構造を提案し、各領域で光子が 一様に分布すると仮定した理想的な場合について、レート方程式を用いて自励パルス発振動作の解析 を行った³⁾。今回、PCSEL における空間光子分布を正確に考慮した3次元結合波理論を用いた過渡応 答解析⁴⁾を行い、光子分布が可飽和吸収領域まで広がるように適切にフォトニック結晶の空孔形状を設 計することで、パルス幅 100 ps 以下の自励パルス発振を実現しうることを見出したので報告する。

【解析構造】 検討した PCSEL の全体構造の模式図を Fig. 1 の挿入図に示す。本構造では、フォトニック結晶共振器を、電流注入領域(利得領域)とキャリア引き抜きを行う領域(可飽和吸収領域)の 2 つに分割している。本構造において、可飽和吸収効果による自励パルス発振を実現するためには、共振器中の光が可飽和吸収領域に多く分布することが必要となる³⁾。検討した構造は、Fig. 1 に示すように、直角二等辺三角形空孔を有する構造²⁾と、高さに差のある 2 つの楕円空孔を互いに 1/4 周期だけ離して配置したダブルホール構造⁵⁾である。両者はほぼ同じ放射係数(20 cm⁻¹)を有するが、後者は、2 つの空孔で回折される波の消失性干渉により、前者よりも光子分布が大面積に広がることが期待される。 【解析結果】上記の 2 つの空孔形状について、利得領域の電極の直径を変化させたときの発振モードの

空間光子分布を計算し、可飽和吸収領域に存在する光子の割合を計算した結果を Fig. 1 に示す。両者と も電極を小さくするほど可飽和吸収領域に存在する光子の割合が増加するが、ダブルホール構造の方が 上記の割合が約 10 倍大きいことがわかる。両空孔形状について、電極直径を 105 µm、注入電流を 0.3A として、レーザ発振の過渡応答特性を計算した結果を Fig. 2 に示す。直角三角形空孔では、緩和振動が 収束した後の定常状態で CW 発振となるのに対し、ダブルホール構造では、パルス幅 30 ps の連続的な 自励パルス発振が得られることが明らかとなった。本研究の一部は、NEDO の支援を受けた。

[文献] 1) M. Imada, et al., Appl. Phys. Lett. 75, 316 (1999). 2) K. Hirose, et al., Nature Photon. 8, 406 (2014).
3)森田他, 2017 春応物 14p-P7-3. 4)井上他, 2017 春応物 15a-E205-6. 5)田中他, 2016 年春応物 21a-S621-3.





Fig. 1. Photon ratio in the saturable absorber section as a function of the diameter of the gain section. The insets show the designed air-hole shapes (upper and lower left) and the schematic diagram of the proposed excitation method of PCSEL (right).

Fig. 2. Transient response of the proposed PCSEL in the case of the right-angled isosceles triangular air-hole PC and the double-air-hole PC.