

## フォトニック結晶レーザの緩和振動測定

### Relaxation oscillation measurement of photonic-crystal lasers

京大院工<sup>1</sup>, K-CONNEX<sup>2</sup>, <sup>○</sup>井上卓也<sup>1,2</sup>, 森田遼平<sup>1</sup>, Kim Taejoon<sup>1</sup>, De Zoysa Menaka<sup>1</sup>,

石崎賢司<sup>1</sup>, 野田進<sup>1</sup>

Kyoto Univ.<sup>1</sup>, K-CONNEX<sup>2</sup>, <sup>○</sup>T. Inoue<sup>1,2</sup>, R. Morita<sup>1</sup>, T. Kim<sup>1</sup>, M. De Zoysa<sup>1</sup>, K. Ishizaki<sup>1</sup>, and S. Noda<sup>1</sup>

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<sup>1</sup>。我々はこれまで、CW 駆動で光出力 1 W 超を達成する<sup>2</sup>とともに、短パルス (< ns)・高ピーク出力発振の実現を目指して、3次元結合波理論による PCSEL の過渡応答解析に取り組んできた<sup>3,4</sup>。今回、PCSEL の短パルス・高ピーク出力化の実証を見据えて、その基礎となる PCSEL の発振立ち上がり時の緩和振動特性の評価を行ったので報告する。

**[実験結果]** 評価を行った PCSEL は、高さに差をつけた 2 つの楕円空孔を単位格子内に配置したダブルホールフォトニック結晶を有する PCSEL (発光面積 300  $\mu\text{m}^2$ ) である。本構造は、単位格子内の 2 つの楕円空孔で回折される光波の消失性干渉により、基本モードと高次モードの閾値利得差が増大し、面積を拡大しても単一モード発振が維持されることが期待される<sup>5</sup>。作製した PCSEL の電流光出力特性および遠視野像の評価を行ったところ、閾値電流は約 0.5 A となり、注入電流を 2.0 A まで増加させても、ビーム拡がり角 ( $1/e^2$ ) 0.4° 未満の単峰なビーム形状が維持された。PCSEL の過渡応答特性の測定系の概要を Fig. 1 に示す。作製した PCSEL に電流注入 (立ち上がり時間 6 ns, パルス幅 25 ns, 繰り返し周波数 5 kHz) を行い、その発光をシングルモードファイバー (SMF) に結合させ、フォトディテクタ (PD, 立ち上がり時間 12 ps) およびサンプリングオシロスコープ (帯域幅 40 GHz) を用いて時間波形を測定した。測定結果の一例として、振幅 2.0 A の電流を注入した際に得られた過渡応答波形を Fig. 2 に示す。立ち上がり時に、ピーク出力が平均出力の 2 倍程度となる緩和振動が生じ、その後 CW 発振へと収束する様子が観測された。観測された波形から求めた緩和振動周波数の注入電流依存性を Fig. 3 の黒線に示す。電流の増加に伴い緩和振動周波数が増大しており、3次元結合波解析によるフィッティング (青線) とも良く一致することを確認した。詳細は当日報告する。なお、本研究の一部は、NEDO 高輝度・高効率次世代レーザ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) K. Hirose, et al., Nature Photon. **8**, 406 (2014). 3) 井上, 他, 2017 年春季応物 15a-E205-6. 4) 森田, 他, 2017 年秋季応物 6p-A405-20. 5) 田中, 他, 2016 年春応物 21a-S621-3.

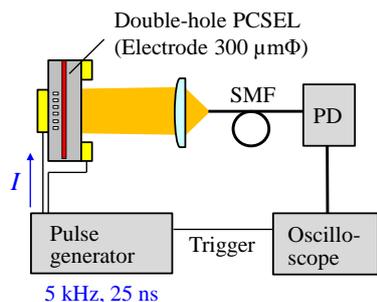


Fig. 1. Experimental setup for relaxation oscillation measurement of PCSEL.

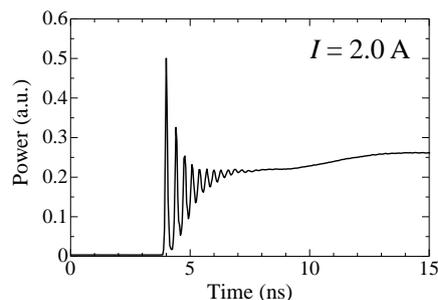


Fig. 2. Measured transient response waveform of the fabricated PCSEL at  $I = 2.0\text{ A}$ .

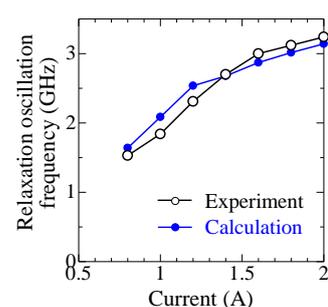


Fig. 3. Relaxation oscillation frequency as a function of laser current.