

フォトニック結晶レーザーの位相変調方式の提案

Proposal of phase modulation method for photonic-crystal lasers

京大院工¹, KDDI総合研究所², 早大理工³, [○]井上卓也¹, 森田遼平¹, De Zoysa Menaka¹, 石崎賢司¹,

石村昇太², 西村公佐², 高橋英憲², 釣谷剛宏², 鈴木正敏^{2,3}, 野田進¹

Kyoto Univ.¹, KDDI Research, Inc.², Waseda Univ.³, [○]T. Inoue¹, R. Morita¹, M. De Zoysa¹, K. Ishizaki¹, S. Ishimura²,

K. Nishimura², H. Takahashi², T. Tsuritani², M. Suzuki^{2,3}, 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ー(PCSEL)は、2次元フォトニック結晶の特異点(Γ 点)における大面積共振作用をレーザー共振器として用いた面発光型の半導体レーザーであり、高出力・高ビーム品質動作が実現可能である¹⁾。これらの特長を活かしつつ、高速(>GHz)な直接変調動作が実現すれば、衛星間通信を含む様々な自由空間光通信への展開が期待される²⁾。これまで我々は、PCSELの直接変調特性の初期評価を行い、GHz級の振幅変調動作を実証する^{2,3)}とともに、光子・光子共鳴を利用したさらなる広帯域化(>20 GHz)の可能性をも理論的に明らかにしている⁴⁾。今回、信号対雑音比のさらなる向上が期待されるコヒーレント光通信への応用を見据え、フォトニック結晶レーザーにおいて位相変調動作を実現する手法を見出したので報告する。

【原理】 提案するフォトニック結晶レーザーの模式図を Fig. 1(a)に示す。フォトニック結晶の格子点形状は楕円と真円からなる二重格子構造(挿入図)を採用し、電流注入領域の外径は500 μm である。ここでは、電流注入領域を2つの領域(A, B)に分割し、両領域のフォトニック結晶に適切な格子定数差を設けることで、単一モード発振を維持しながら、デバイス内部にバンド端周波数差 Δf を導入している。さらに、各領域には、バイアス電流($I_{dc}/2$)に加えて、Fig.1(b)上図に示すように、互いに逆相の高周波信号 $\pm I_{rf}$ を重畳する。このとき、2つの領域の注入電流の差($2I_{rf}$)と周波数差 Δf に応じて、瞬時発振周波数が高速に変化し、位相変調動作が可能になると期待される。

【解析結果】 バンド端周波数差を $\Delta f=48$ GHzとしたデバイスにおいて、 $I_{dc}=3$ A、 $I_{rf}=0.1$ Aとして、周波数2 GHzの疑似ランダム信号を印加した際の瞬時発振周波数の時間変化を解析した結果を Fig. 1(b)下図に示す。 ± 0.1 Aの電流振幅変化に対して、約1.5 GHzの発振周波数変化が生じ、1周期で位相変化 $3\pi/4$ が得られた。さらに、得られた光信号に対して1周期分(0.5 ns)の遅延自己ホモダイン干渉を適用した際の出力信号の時間変化を解析した結果を Fig. 1(c)に示す。Fig. 1(b)に示した瞬時周波数変化(位相変化)に対応して、自己ホモダイン干渉後にW級の大きな光出力変化が得られており、通常の振幅変調時(出力変化 ± 0.1 W級)と比較して10倍程度の信号対雑音比の向上が期待できる。詳細は当日報告する。**【謝辞】** 本研究の一部は科研費(20H02655, 22H04915)の支援を受けた。**【文献】** 1) Yoshida *et al.*, Nat. Mater. **18**, 121 (2019). 2) Ishimura *et al.*, ECOC Th3A.7 (2022). 3) 森田他, 2022 秋季応物 22a-C101-2. 4) 森田他, 本応物。

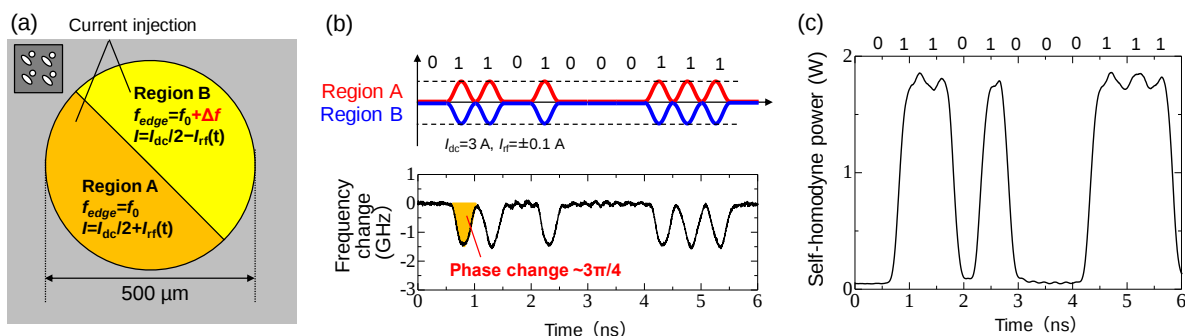


Fig. 1. (a) Schematic of the proposed PCSEL for phase modulation. (b) Calculated instantaneous lasing frequency change. (c) Calculated output power after delayed self-homodyne detection.