

## ストリークカメラによる自励パルス発振フォトニック結晶レーザーの過渡応答測定

Transient response measurement of self-pulsating photonic-crystal lasers using streak camera

京大院工 ○森田遼平、井上卓也、De Zoysa Menaka、石崎賢司、野田進

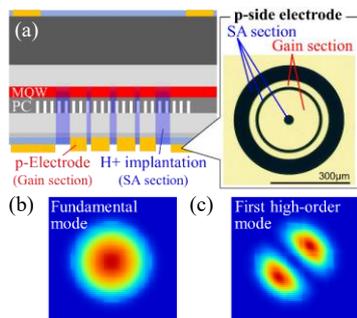
Kyoto Univ. °R. Morita, T. Inoue, M. De Zoysa, K. Ishizaki, S. Noda

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ー(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面発光型の半導体レーザーである<sup>1)</sup>。我々は、これまでPCSELの短パルス・高ピーク出力化のため、デバイス内部に可飽和吸収領域を設けた自励パルス発振PCSELを提案・作製し、パルス幅100ps未満、ピーク出力~8Wの自励パルス発振を実証した<sup>2,3)</sup>。ただし、過渡応答特性の評価にサンプリングオシロスコープを用いていたため、ジッタの影響で正確な波形の測定が困難であった。今回、ストリークカメラの単掃引機能を用いて上記デバイスの過渡応答特性の詳細な評価を行った結果、パルス幅55psの明瞭な自励パルス発振の観測に成功するとともに、発振初期に空間モードが遷移する興味深い現象が観察できたので報告する。

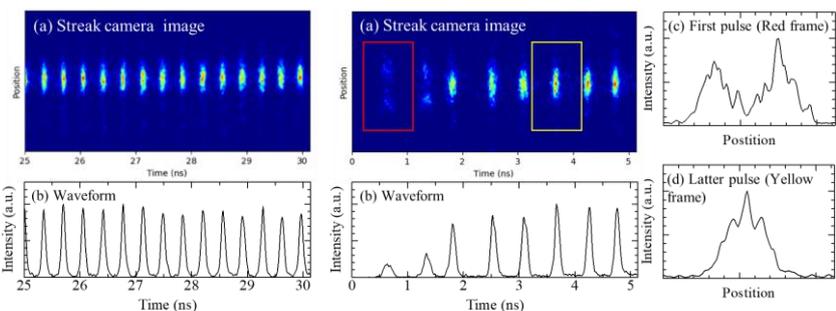
**[デバイス構造]** 評価を行ったPCSELの断面の模式図とp側電極の顕微鏡写真をそれぞれFig. 1(a)に示す。電流注入を行う外径300 $\mu\text{m}$ の利得領域の中央に、内径30 $\mu\text{m}$ の可飽和吸収(SA)領域と幅5 $\mu\text{m}$ 、直径220 $\mu\text{m}$ の円環状の可飽和吸収領域を設けている。各可飽和吸収領域は水素イオン注入によって利得領域と絶縁されており、この領域における可飽和吸収効果によって自励パルス発振が生じる。ここで、中央の可飽和吸収領域は、Fig. 1(b)に示す基本発振モードの光密度分布の腹となる場所に配置されており、大きな可飽和吸収効果が生じる。一方、円環可飽和吸収領域は、高次モード(Fig. 1(c))の光密度分布の腹となる場所に配置され、高次モードの発振を抑制するとともに、基本発振モード(Fig. 1(b))の可飽和吸収効果をさらに強めてピーク出力を向上させる役割を果たす。

**[実験結果]** 上記のデバイスに、立ち上がり4ns、振幅8.0Aの電流を注入した際の過渡応答波形をストリークカメラの単掃引機能により測定した。発振開始から20ns以上経過した定常状態でのストリーク像(横軸:時間変化、縦軸:出射ビームの空間分布)をFig. 2(a)に、それを空間方向に積算して取得した時間波形をFig. 2(b)に示す。同図より、パルス幅55ps、繰り返し周期0.44nsの明瞭な自励パルス発振が得られた。別途測定した平均出力1.05Wから見積もると、ピーク出力は8.5Wとなる。一方、発振初期のストリーク像および時間波形をFig. 3(a)(b)に示すが、各パルスの空間分布が異なっていることがわかる。なお、パルスの間隔がFig. 2と大きく異なるのは、注入電流の立ち上がり中に発振が開始するためである。ここで、赤枠および黄枠で示したパルスの空間分布をFig. 3(c)(d)に示す。後者のパルスは単峰状の空間分布であるのに対し、前者のパルスは双峰状の空間分布であり、高次モード(Fig. 1(c))で発振後に基本モード(Fig. 1(b))へ移行していることが明らかとなった。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ー技術開発の支援を受けた。



**Fig. 1.** (a) Cross section of self-pulsating PCSELs and microscope image of p-side electrode of the fabricated device. (b)(c) Photon distribution of the fundamental and first high-order modes.

**[文献]** 1) M. Imada et al., Appl. Phys. Lett. 75, 316 (1999). 2) 森田他, 2018 秋応物 20p-PA1-2. 3) 森田他, 2019 春応物 11p-W631-14.



**Fig. 2.** (a) Streak camera image and (b) temporal waveform of the fabricated self-pulsating PCSEL at the steady state.

**Fig. 3.** (a) Streak camera image, (b) temporal waveform, and (c)(d) spatial distribution of the fabricated self-pulsating PCSEL at the rising of laser oscillation.