

# ブロードエリア半導体レーザの横モード間における反位相ダイナミクスの実験的観測

## Experimental observation of antiphase dynamics in transverse-modes of broad-area semiconductor laser

埼玉大 ○荒幡 真也, 内田 淳史

Saitama Univ. ○Masaya Arahata, Atsushi Uchida

E-mails: s13dm002@mail.saitama-u.ac.jp, auchida@mail.saitama-u.ac.jp

**はじめに:** ブロードエリア半導体レーザ(Broad-area semiconductor laser, BAL)は、活性層幅を 50  $\mu\text{m}$  以上に拡大することで高い電気光変換効率でワットクラスの出力が得られるため、レーザ加工やレーザディスプレイへの応用が期待されている。BAL では、横方向に拡大された導波路によって横モードが不安定化し、多重横モード発振となる。また、空間的キャリアホールバーニング効果とキャリア拡散の相互作用により空間的に不規則に振動するフィラメンテーション発振が発生し、出力が不安定化する要因となっている[1]。これらの不安定な出力を安定化させるためのレーザ制御の研究が行われている[2]。その一方で BAL の複雑な時空間ダイナミクスに関して数値計算による調査は行われている。しかし実験的な時空間ダイナミクスの調査は限定的であり、特に空間的キャリアホールバーニングによる横モード間の相互作用に関しては不明な点が多い。

そこで本研究では、BAL の全体の光強度と横モード間の時間波形と RF スペクトルを観測することにより反位相ダイナミクスを観測する。

**実験方法と結果:** 本実験では BAL の横モードである近視野像をスリットで遮ることで一つの横モードを抽出する。一部の横モードは対物レンズで光ファイバに集光し、全体の光強度はビームスプリッターで分割することで別に取得した。Fig. 1(a)は注入電流が 180 mA(1.13 $I_{th}$ )で、4.1%の戻り光を有する BAL の光強度の周波数スペクトルを示す。挿入図は BAL の近視野像であり、a と b の 2 つの横モードがある。周波数スペクトルの黒線は全体の光強度を表しており、赤線はモード強度を表す。Fig. 1(a)は近視野像のピーク a のモード強度である。周波数スペクトルにおいて 2 GHz 以下の緩和発振周波数に強度の方

が周波数スペクトルの強度が大きい。反対に 5.7 GHz 付近の高周波数領域にてモード強度の周波数スペクトルの強度の方が大きいことが分かる。

続いて Fig. 1(a)に対応する時間波形を Fig. 1(b)に示す。モード強度の時間波形は高速な振動に低速な変調が加わっている。一方で全体の光強度の時間波形の包絡成分は同一の振動をしているが、高速な振動成分が減少していることが分かる。つまり各モード間で低周波数振動成分は強め合い、高周波数振動成分は弱め合っていることが分かり、これは Fig. 1(a)の RF スペクトルの結果と一致している。

ここで反位相ダイナミクスを判定する指標としてモード毎のスペクトルの和を計算する[3]。各モードの周波数スペクトル強度を足し合わせることでモードの和は求まる。Fig. 2 に全体の光強度(黒線)とモードの和(赤線)の周波数スペクトルを示す。2 GHz 以下の低周波数領域は全体の光強度の方がモードの和よりも大きく同位相で強め合っている。一方で 5.8 GHz の高周波数領域では全体の光強度の方がモードの和よりも小さく反位相で弱め合っていることが分かる。多重縦モード半導体レーザにおいて観測された反位相ダイナミクスは低周波数領域が反位相であり、本結果とは異なっている[3]。これは BAL においては活性層内部でのキャリアの拡散が発生しており、緩和振動よりも高速な振動成分で反位相ダイナミクスが発生したと考えられる。

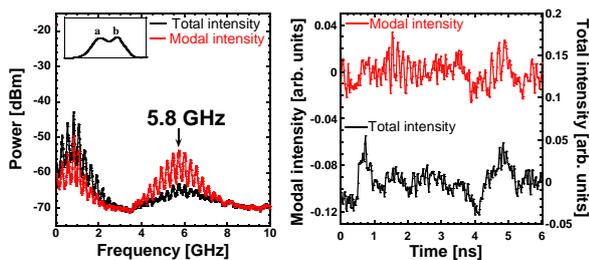


Fig. 1 (a) RF spectra and (b) temporal waveforms of total (black) and modal (red) intensities. Inset of (a): near field profile in BAL

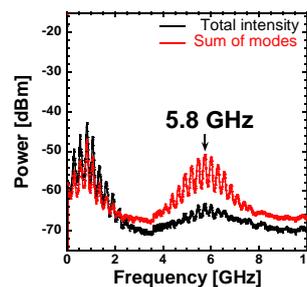


Fig. 2 RF spectra of total intensity (black) and sum of modal intensities (red).

**まとめ:** 本研究では、戻り光を有するブロードエリア半導体レーザにおいて横モード間の反位相ダイナミクスを実験的に観測した。

### 参考文献

- [1] I. Fischer, et al., Europhys. Lett, **35**, 579 (1996).
- [2] T. Tachikawa, et al., Optical Review, **16**, 533 (2009).
- [3] A. Uchida, et al., Phys. Rev. A, **64**, 023801 (2003).