

ブロードエリア半導体レーザにおけるカオス同期現象

Chaos Synchronization Phenomenon in Broad Area Semiconductor Lasers

静大工 ○榊原 悠太, 生源寺 類, 大坪 順次

Shizuoka Univ. ○Yuta Sakakibara, Rui Shogenji Junji Ohtsubo

E-mail tajohts@ipc.shizuoka.ac.jp

1. はじめに

ブロードエリア半導体レーザ(Broad Area Semiconductor Laser: BAL)は、高出力であるが、広いストライプ幅により多モード発振となり、不規則かつ高速に光強度が変動するフィラメンテーションと呼ばれるカオス振動が発生する。

一方、二つの狭ストライプ半導体レーザを結合させると、カオス出力光が一致するカオス同期と呼ばれる現象が報告されている。しかし、BALにおいてカオス同期を報告した例はない。

本研究では、戻り光BALのカオス出力をもう一方のBALに一方方向注入し、カオス同期が得られるかを数値計算により調査した。

2. レート方程式

$$\frac{\partial E_M(x,t)}{\partial t} = iD_e \frac{\partial^2 E_M(x,t)}{\partial x^2} + \frac{1}{2}(1-i\alpha)G_n\{n(x,t) - n_{th}\}E_M(x,t) + \frac{\kappa_{in}}{\tau_{in}}E_M(x,t-\tau)\exp(i\omega_0\tau) \quad (1)$$

$$\frac{\partial n_M(x,t)}{\partial t} = D_n \frac{\partial^2 n_M(x,t)}{\partial x^2} + \frac{J}{ed} - \frac{n_M(x,t)}{\tau_s} - G_n\{n_M(x,t) - n_0\}|E_M(x,t)|^2 \quad (2)$$

$$\frac{\partial E_S(x,t)}{\partial t} = iD_e \frac{\partial^2 E_S(x,t)}{\partial x^2} + \frac{1}{2}(1-i\alpha)G_n\{n_S(x,t) - n_{th}\}E_S(x,t) + \frac{\kappa_{inj}}{\tau_{in}}E_M(x,t-\tau_c)\exp(-i\Delta\omega t) \quad (3)$$

$$\frac{\partial n_S(x,t)}{\partial t} = D_n \frac{\partial^2 n_S(x,t)}{\partial x^2} + \frac{J}{ed} - \frac{n_S(x,t)}{\tau_s} - G_n\{n_S(x,t) - n_0\}|E_S(x,t)|^2 \quad (4)$$

$$\kappa_{fb} = \frac{r_{fb}(1-r_2^2)}{r_2} \quad (5)$$

$$\kappa_{inj} = \frac{1}{r_2} \sqrt{\frac{1-r_2^2}{n}} r_{inj} \quad (6)$$

数値計算で用いたレート方程式を以下に示す。

下付き文字M,Sはそれぞれマスターレーザ(ML)とスレーブレーザ(SL)を表す。MLは戻り光を含んでいるが、SLには戻り光はない。また、MLからSLへの一方方向注入を行っている。

3. 数値計算結果

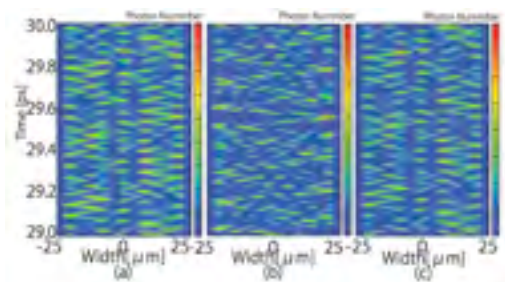


Fig. 1. Near field pattern. (a) ML with optical feedback, (b) SL at free running, (c) SL with optical injection

Fig.1にMLとSLの近視野像を示す。横軸はレーザ端面発振位置を、縦軸は時間を、カラーバーは出力光強度をそれぞれ表している。(a)はML(戻り光 $r_{fb}=0.01$,戻り光遅延 $\tau=50ps$), (b)はフリーランニング時のSL, (c)は光注入後のSL(光注入 $r_{inj}=0.2$,伝播時間 $\tau_c=0ps$)の光出力である。

MLとSLの同期関係をさらに詳しく調査するため、端面中央における出力波形の相互相関を計算した。

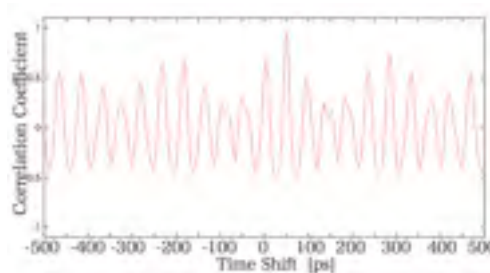


Fig. 2 Cross correlation

Fig.2に、Fig.1(a)とFig.1(c)の端面中央における出力波形の相互相関を示す。横軸は時間シフトを、縦軸は相関係数を表し、相関係数が1に近いほど二つの状態は同期しているといえる。

-50psの位置に二つのカオス波形の最大相関値が得られた。このことから、SLはMLに対して50ps先行して同期していることがわかった。

4. まとめ

本研究では、戻り光BALのカオス出力光を異なるBALに一方方向に光注入し、二つのBAL間のカオス同期現象を調査した。その結果、BALにおいても、狭ストライプ半導体レーザと同様にカオス同期が達成されることがわかった。