

スター型結合半導体レーザにおけるカオス同期ダイナミクス

Chaos Synchronization in Star-Coupled Semiconductor Lasers

静大院工 ○松本 卓也, 大坪 順次
Shizuoka Univ. ○Takuya Matsumoto, Junji Ohtsubo
E-mail : tajohts@ipc.shizuoka.ac.jp

1. はじめに

複数の半導体レーザを結合させると、レーザ出力にカオス同期現象が現る。この同期現象を使い、カオス秘匿通信などが実現されている。レーザの結合方法の一つとして、スター型結合と呼ばれる結合があり、ニューロンにおける信号処理などと対比されている。半導体レーザを用いるネットワークは応答速度がきわめて速く、また実験等も容易であるため、ニューラルネットワークを模したモデルとして注目されている。

本研究では、半導体レーザにおけるスター型結合において、ある特定のレーザ間の光注入率などパラメータを変えることによって、同じパラメータのレーザ間でのみカオス秘匿通信が可能になる条件について数値計算により調べた。

2. 数値計算モデル

Fig.1にスター型結合半導体レーザの模式図を示す。

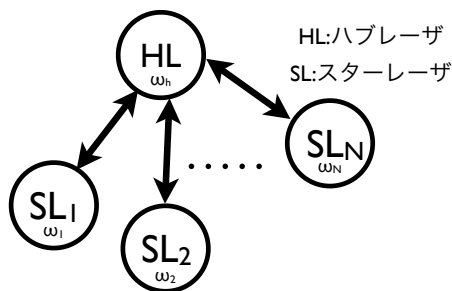


Fig.1 Star lasers.

光注入された両半導体レーザの電場とキャリアのレート方程式を以下に示す。

$$\frac{dE_j(t)}{dt} = \frac{1}{2}(1 - i\alpha)G_n\{n_j(t) - n_{th}\}E_j(t) + \frac{\kappa_j}{\tau_{in}}E_h(t - \tau)\exp(i\omega_h\tau - i\Delta\omega_{hj}t) \quad (1)$$

$$\frac{dn_j(t)}{dt} = \frac{J_j}{ed} - \frac{n_j(t)}{\tau_s} - G_n\{n_j(t) - n_0\}|E_j(t)|^2 \quad (2)$$

$$\frac{dE_h(t)}{dt} = \frac{1}{2}(1 - i\alpha)G_n\{n_h(t) - n_{th}\}E_h(t) + \sum_{j=1}^N \frac{\kappa_j}{\tau_{in}}E_j(t - \tau)\exp(i\omega_j\tau + i\Delta\omega_{hj}t) \quad (3)$$

$$\frac{dn_h(t)}{dt} = \frac{J_h}{ed} - \frac{n_h(t)}{\tau_s} - G_n\{n_h(t) - n_0\}|E_h(t)|^2 \quad (4)$$

上の二式はスターレーザ、下の二式はハブレーザのレート方程式を表す。式(1)、式(3)の右辺第二項は、レーザ間の光注入であり、 κ_j は光注入率、

$\Delta\omega_{hj} = \omega_h - \omega_j$ は周波数離調をあらわす。式(2)と式(4)は、それぞれのレーザのキャリアの式を示す。特定のスターレーザペアの光注入率 κ_j や、バイアス電流 J_j を他のレーザに対して変化させ、スターレーザ間の同期について調べた。

3. 数値計算結果

Fig.2に、スターレーザの数を $N=4$ として、それぞれのスターレーザ間の相互相関を示した（ここでは離調 $\Delta\omega=0$ とした）。

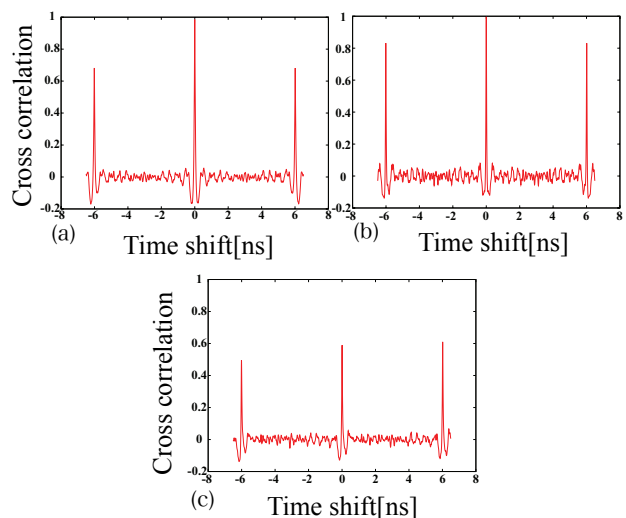


Fig.2 Cross correlation

(a) pair star lasers of $\kappa_j = 0.6$,
(b) pair star lasers of $\kappa_j = 0.4$,
and (c) different lasers.

この図の結果より、同じ光注入率同士のレーザ間での相関が高いことがわかる。

また、ここには示さないが、実際のネットワーク等には離調や伝播時間等が発生するため、それらに対してこの同期ダイナミクスがどのように変化するのか調査を行った。

4. まとめ

今回、ハブ・スター結合において、特定のスターレーザ間のパラメータを変化させたときに、同期特性がどのように変化するのかを調査した。パラメータが一致するレーザ間では高い相関が得られ、異なるパラメータ間では相関が低くなることがわかった。また、スターノード数を増加させた場合にも同じパラメータを持つペア間で高い相関が保持されることも確認できた。