

相互光注入と戻り光を用いたカオス発振半導体レーザーの軌道不安定性

Orbital Instability of Chaotic Laser Diode with Mutually Optical Injection and Feedback

○海老澤 賢史^{1,2}, 石川 篤², 小松 進一²(1. 新潟工科大, 2. 早大理工)

○Satoshi Ebisawa^{1,2}, Atsushi Ishikawa², Shinichi Komatsu²

(1. Niigata Inst. Tech., 2. Waseda Univ.)

E-mail: satoshi_ebisawa@niit.ac.jp

半導体レーザー (laser diode, LD) は戻り光や外部 LD からの光注入によりカオス発振することが知られ, その広帯域なスペクトルは物理暗号としての光カオス秘匿通信^{1,2} など様々な応用が期待されている。2つのLD間のカオス同期現象³を用いる研究が広く行われているが, カオス発振LDの動的特性である軌道不安定性に注目した報告もなされており⁴, この場合は如何にカオス発振LDの軌道不安定性を制御するかが重要である。本研究では, それぞれ外部共振器を持つ2つのLDが相互に光注入し合う系を考え, その軌道不安定性について数値シミュレーションにより調査する。

2つの半導体レーザー LD1 と LD2 が, 共に外部共振器による戻り光を持ち互いに光注入しあうような系を考える。LD1 の動的特性は以下のレート方程式¹を用いて記述することができる。

$$\begin{aligned} \frac{dE(t)}{dt} = & \frac{1}{2} \left[G(N(t) - N_0) - \frac{1}{\tau_p} \right] E(t) \\ & + \kappa_{f1} E(t - \tau) \cos[\omega_0 \tau + \phi(t) - \phi(t - \tau)] \\ & + \kappa_{2 \rightarrow 1} E'(t - \tau_{2 \rightarrow 1}) \cos[\omega_0 \tau_{2 \rightarrow 1} + \phi'(t) - \phi(t - \tau_{2 \rightarrow 1})] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{d\phi(t)}{dt} = & \frac{1}{2} \alpha \left[G(N(t) - N_0) - \frac{1}{\tau_p} \right] \\ & - \kappa_{f1} \frac{E(t - \tau)}{E(t)} \sin[\omega_0 \tau + \phi(t) - \phi(t - \tau)] \\ & - \kappa_{2 \rightarrow 1} \frac{E'(t - \tau_{2 \rightarrow 1})}{E(t)} \sin[\omega_0 \tau_{2 \rightarrow 1} + \phi'(t) - \phi(t - \tau_{2 \rightarrow 1})] \end{aligned}$$

$$\frac{dN(t)}{dt} = J - \frac{N(t)}{\tau_s} - G(N(t) - N_0) E^2(t)$$

上式において, ' は LD2 を示す。G は線形ゲイン係数, α は線幅増大係数, τ_s はキャリア寿命, τ_p はキャビティ内での光子寿命である。また, κ_{f1} は LD1 の戻り光の量を表す係数, $\kappa_{2 \rightarrow 1}$ は LD2 から LD1 へ注入される注入光の量を表す

係数である。LD2 の動的特性も同様に表すことができる。ここで, 係数 κ 以外のパラメータは両 LD で等しいものとする。軌道不安定性を定量化するために軌道拡大率⁴を用いる。図1に $\kappa_{f2} = 5.0 \times 10^{10}$, $\kappa_{1 \rightarrow 2} = 10.0 \times 10^{10}$, $\kappa_{2 \rightarrow 1} = 2.0 \times 10^{10} [\text{s}^{-1}]$ としたときの, κ_{f1} に対する LD1 と LD2 の軌道拡大率を示す。 $\kappa_{f1} > 4 \times 10^{10}$ するときには LD1 と LD2 は同期しほぼ等しい軌道拡大率を持つが, $0 < \kappa_{f1} < 3 \times 10^{10}$ の領域では LD1 の軌道拡大率の大きな変化は見られず, 一方で LD2 の軌道拡大率は大きく変化する。

これにより, LD1 のパラメータを用いて, LD1 の軌道不安定性を大きく変化させることなく, LD2 の軌道不安定性を制御することが可能となる。このことは光カオス秘匿通信やカオスニューラルネットへの応用が期待できる。

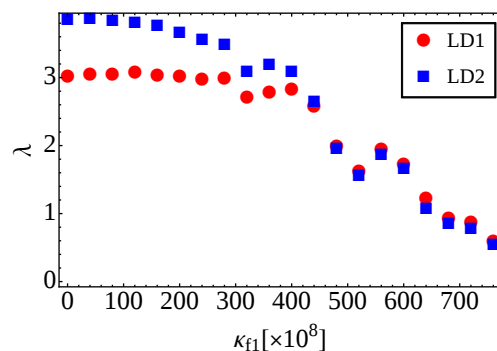


図 1: LD1 の戻り光係数に対する LD1, LD2 の軌道拡大率

- [1] R. J. Jones, P. Rees, P. S. Spencer, and K. A. Shore: J. Opt. Soc. Am. B **18** (2001) 166.
- [2] J. Liu, H. Chen, and S. Tang: IEEE J. Quantum Electron. **38** (2002) 1184.
- [3] J. Otsubo: IEEE J. Quantum Electron. **38** (2002) 1141.
- [4] S. Ebisawa and S. Komatsu: Appl. Opt. **46** (2007) 4386.