

光注入型カオス発振面発光レーザのフラクタル性

Fractal nature of chaotic VCSEL with optical injection

○ 坂口 慧¹、海老澤 賢史²、前田 譲治¹ (1. 東京理科大学理工、2. 新潟工大)

○ Satoshi Sakaguchi¹, Satoshi Ebisawa², Joji Maeda¹

(1.Tokyo Univ. of Science, 2.Niigata Institute of Tech.)

E-mail: 7315626@ed.tus.ac.jp

半導体レーザ (Laser Diode, LD) に外部共振器より戻り光を加えることで、LD の出力がカオス発振することが知られており、応用の一つとして光カオス秘匿通信が期待されている [1]。カオスの静的特性を用いた通信手法は、送信器 LD のパラメータを変化させ、受信器 LD 強度の時系列から求めた相関次元と予め決めていた相関次元の閾値と比較することで、1,0 を決める手法である。本研究では LD に面発光レーザ (VCSEL) を用いた時の相関次元のパラメータ依存性について数値シミュレーションを用いて調査した。

戻り光を加えた VCSEL を用いた光注入系の構成を図 1 に示す。

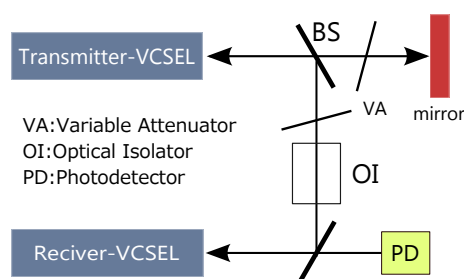


Fig 1: Optical injection system of VCSEL

外部鏡からの光量を可変減衰器 (VA) で調節することによって、カオス発振させることができる。VCSEL のフラクタル性を定量化するために相関次元を用いた。相関次元の推定手法には J 法 [2] を用い、推定値は受信器の 160ns の時系列 10 個での推定結果の平均値を用いた。

線幅増大係数 $\alpha=3$, 全キャリア数の減衰率 $\gamma=1 \text{ ns}^{-1}$, スピンフリップの緩和プロセスの減衰率 $\gamma_s=50 \text{ ns}^{-1}$, 振幅異方性 $\gamma_a=0.1 \text{ ns}^{-1}$, 位相異方性 $\gamma_p=10 \text{ ns}^{-1}$ の 5 種類について $\pm 2.5\%$, $\pm 5\%$ 変

化させた時の相関次元を調査した。図 2 に示す。

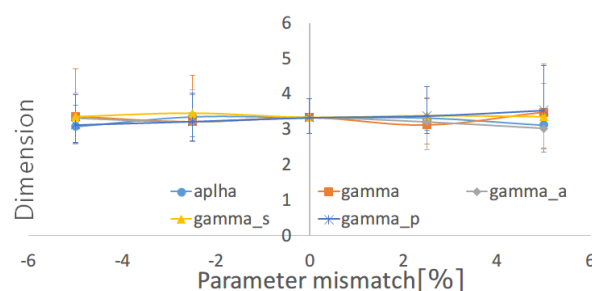


Fig 2: Correlation dimension of VCSEL

パラメータ誤差がないときは相関次元は 3.33 となり、 $\pm 5\%$ と 0% との相関次元の差は γ_a の $+5\%$ 時が最も大きく、 $+5\%$ で 3.02 で、 0% との差は 0.31 となった。特に α は -5% で 3.08, $+5\%$ で 3.12 で、 0% との差はそれぞれ 0.25, 0.21, γ_d は -5% で 3.12, $+5\%$ で 3.54 で、 0% との差はそれぞれ 0.21, 0.21 となり、 $\pm 5\%$ で 0.21 の相関次元の差が推定できればハードウェアを区別できることがわかる。

今後は推定される相関次元の範囲拡大が課題となる。今回は送信器と受信器の VCSEL のパラメータは同一のものとしたが、送信器と受信器で別のパラメータを用いたり、送信器から受信器に結合する際に $1/2$ 波長板で偏波を反転させるなどの調査が必要となる。

[1] 中尾俊也. 戻り光のあるカオス発振半導体レーザの静的特性の制御. 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, 2014.

[2] Kevin Judd. An improved estimator of dimension and some comments on providing confidence intervals. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, Vol. 56, No. 2, pp. 216–228, 1992.