

レーザカオス発生用相互結合型光集積回路におけるカオス同期実験 Experiment on synchronization of chaos in photonic integrated circuit with mutually coupled lasers

埼玉大¹, NTT CS 基礎研², 早稲田大³,
NTT フォトニクス研⁴, 金沢大⁵, テレコグニックス⁶
○宇賀神 上総¹, 高橋 里枝¹, 内田 淳史¹, 原山 卓久^{2,3}
都築 健⁴, 砂田 哲^{2,5}, 吉村 和之², 新井 賢一², デイビス ピーター^{2,6}
Saitama Univ.¹, NTT CS Lab.², Waseda Univ.³,
NTT Photonics Lab.⁴, Kanazawa Univ.⁵, Telecognix Corp.⁶
○K. Ugajin¹, R. Takahashi¹, A. Uchida¹, T. Harayama^{2,3},
K. Tsuzuki⁴, S. Sunada^{2,5}, K. Yoshimura², K. Arai², and P. Davis^{2,6}
E-mails: {s14mm305, auchida}@mail.saitama-u.ac.jp

はじめに: 情報セキュリティ分野において再現性の無い物理乱数が注目されているが、その生成速度は低速である。そこで近年、GHz オーダで不規則振動する半導体レーザカオスを乱数源に用いた高速物理乱数生成の研究が活発に行われている[1]。しかしながら、乱数生成には市販の装置を用いているため装置全体が数十cm以上と大きく実用化に適していない。そこで、装置全体を小型化するためにレーザカオス発生用光集積回路を用いた物理乱数生成が行われている[2]。また、2つのレーザを一方に結合させてレーザカオスの帯域を拡大することで、より高速な乱数生成も報告されている[3]。一方、2つのレーザを相互結合させた光集積回路のダイナミクスやカオス同期の研究は未だ行われていない。相互結合された半導体レーザではカオスのゼロ遅延同期がこれまでに報告されている[4]。

そこで本研究では、2つのレーザを相互結合した光集積回路におけるカオス同期の実験的調査を目的とする。

実験方法と結果: 本研究で用いる光集積回路は、レーザ1(DFB1)とレーザ2(DFB2)が外部鏡を介して相互に結合している(Fig. 1参照)。各レーザから出力された光が外部鏡に入射し、反射された後にレーザ自身に注入される戻り光と、もう一方のレーザに注入される結合光に分岐される。この結合光により相互結合が生じる。ここで外部共振器長は10 mmである。また、結合強度及び戻り光強度は光増幅器(SOA1, SOA2)で調整される。

本研究ではレーザ2への注入電流を変化させて、カオス同期領域の調査を行う。このとき、レーザ1への注入電流はレーザ1のダイナミクスがカオスになる30.00 mAに固定する。ここでレーザ1とレーザ2の発振しきい値は、それぞれ12.1 mAと12.4 mAである。また、2つの光増幅器への注入電流は、それぞれ15.00 mAと5.00 mAに固定した。カオス同期は相互相関関数を用いて評価し、相互相関の絶対値が1に近いほど同期していると言える。

レーザ2への注入電流が6.00 mAのとき、2つのレーザ間の正の相関が最大となった。このときの相関図をFig.2 (a)に示す。相関値は0.843であり、同位相で同期していることが分かる。次にレーザ2への注入電流を増加させていくと正の相関が減少し、やがて負の相関が得られた。レーザ2への注入電流が48.00 mAのとき、負の相関が最小となった。このときの相関図をFig.2 (b)に示す。相関値は-0.559であり、反位相の同期が観測された。

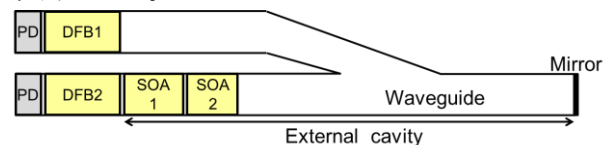


Fig. 1 Schematic diagram of photonic integrated circuit.

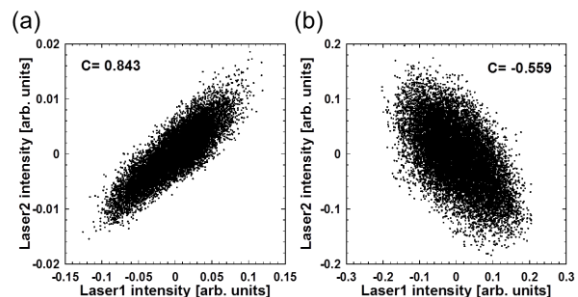


Fig. 2 Correlation plots between DFB 1 and DFB 2 for (a) $I_{DFB2} = 6.00$ mA and (b) $I_{DFB2} = 48.00$ mA.

まとめ: 本研究では、相互結合型光集積回路の2つのレーザ間でのカオス同期の調査を行った。その結果、レーザ2への注入電流を増加させると同位相同期から反位相同期への遷移が観測されることが明らかになった。

参考文献

- [1] A. Uchida, et al., Nature Photonics, vol. 2, no. 12, pp. 728-732 (2008).
- [2] R. Takahashi, et al., Optics Express, vol. 22, no. 10, pp. 11727-11740 (2014).
- [3] K. Hirano, et al., Optics Express, vol. 18, no. 6, pp. 5512-5524 (2010).
- [4] J. M. Buldu, et al., Physical Review Letters, vol. 96, pp. 024102 (2006).