

低消費電力半導体光増幅器による光リザーバコンピューティング

Photonic Reservoir Computing Using Low-Power-Consumption SOA

NTT 先端集積デバイス研究所 ○鶴谷 拓磨, 開 達郎, 中島 光雅, 相原 卓磨,
Diamantopoulos Nikolaos-Panteleimon, 藤井 拓郎, 瀬川 徹, 松尾 慎治

NTT Device Technology Labs, NTT Corporation, ○Takuma Tsurugaya, Tatsurou Hiraki, Mitsumasa Nakajima, Takuma Aihara, Nikolaos-Panteleimon Diamantopoulos, Takuro Fujii, Toru Segawa,
and Shinji Matsuo, E-mail: takuma.tsurugaya.fa@hco.ntt.co.jp

1. 背景

光の伝搬や光デバイスの応答を活用し、高速かつ低消費電力な情報処理を実現するフレームワークとして光リザーバコンピューティング (RC) が注目を集めている。光はその波動性から線形演算の実行を得意とする[1,2]。一方、一般的な光素子において活性化関数として機能するような顕著な非線形性を発現させるには、典型値として mW オーダの入力光パワー[3]や百 mW オーダの投入電力[4]が要される。低消費電力な光 RC システムの実現に向けては、光非線形素子の入力光パワー、投入電力の低減が課題となっている。

そこで我々は、近年開発した低消費電力な薄膜半導体光増幅器 (SOA) [5,6]を光 RC に適用し、非線形タスクに対する性能評価などを通じて、本素子が光非線形演算素子として有望であることを実証した[7]。本講演では、その実証実験について再度報告すると共に、本素子の特長である優れた集積性を活かした今後の展望について述べる。

2. 光 RC の構成・実験結果

構築した光 RC 系の概略を Fig. 1(a)に示す。薄膜 SOA チップ上の Si 導波路がスポットサイズ変換器を介して光ファイバ遅延ループと結合しており、一度 SOA で増幅された光信号が出力側から再度 SOA に入力される自己帰還系が構成されている。このとき、SOA を飽和領域で動作させると、入力光と帰還光との間での相互利得変調 (XGM) が発現し、一方の波形がもう一方の波形に極性反転を伴って転写される。これによって入力時系列信号の非線形変換とその短期記憶が同時にもたらされる。実験に使用した薄膜 SOA の構造を Fig. 1(b),(c)に示す。小さな活性体積、強い

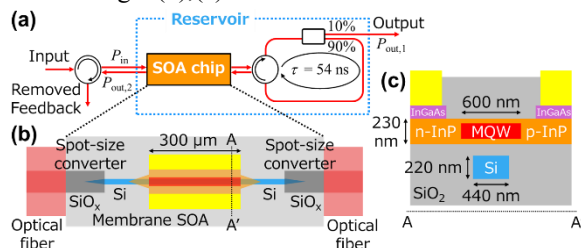


Fig. 1 (a) Schematic illustration of photonic RC using SOA.
(b) Plane and (c) cross-sectional views of membrane SOA. [7].

光閉じ込めを特徴としており、これにより低消費電力性および低入力光パワーでの非線形性が得られる。従来の遅延ループ構成[2-4]と同様に、処理対象の入力信号にマスク関数を重畳することで遅延ループに沿って仮想ノードを配置した。

薄膜 SOA への注入電流を 20 mA (消費電力 33 mW)、入力光バイアスパワーを 160 μ W とした際のリザーバのインパルス応答を Fig. 2(a)に示す。周期的に極性が反転する応答が得られていることから、XGM の発現が確認できる。同一の駆動条件下で Santa-Fe タスク[8]を解いた結果を Fig. 2(b)に示す。他の非線形光 RC での値[8]と同程度の NMSE = 0.153 という良好なスコアが得られた。以上の結果は、薄膜 SOA が低消費電力、低光パワーで非線形演算素子として機能し、RC に有用な非線形性をもたらすことを示している。

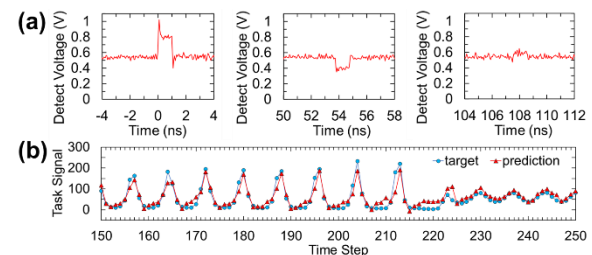


Fig. 2 (a) Impulse response. (b) Santa-Fe prediction task. [7].

3. 展望

本研究で用いた薄膜 SOA はコンパクトな線形演算器[1,9]の実現に適した Si 光回路との一体集積が可能である。この特長から、将来展望として、線形演算 (Si 光回路) と非線形演算 (薄膜 SOA) の双方を同一のチップ上において光領域で実行する、コンパクトかつ低電力な全光 RC への展開が期待される。

参考文献

- [1] K. Vandoorne et al., *Nat. Commun.* **5**, 3541 (2014).
- [2] 中島他、第 80 回応物秋季学術講演会 19p-F211-8 (2019).
- [3] A. Dejonckheere et al., *Optics Express* **22**, 10868-10881 (2014).
- [4] F. Duport et al., *Optics Express* **20**, 22783-22795 (2012).
- [5] 開他、第 66 回応物春季学術講演会 11p-W331-4 (2019).
- [6] T. Hiraki et al., *J. Light. Technol.* **38**, 3030-3036 (2020).
- [7] 鶴谷他、第 68 回応物春季学術講演会 19p-Z34-3 (2021).
- [8] Y. Kuriki et al., *Optics Express* **26**, 5777-5788 (2018).
- [9] N. C. Harris et al., *Optica* **5**, 1623-1631 (2018).