

リング共振器クロスバーアレイによる誤差逆伝播法の検証

Investigation of back propagation using microring resonator crossbar array

°大野 修平, トーブラサートポン カシディット, 高木 信一, 竹中 充 (東大院工)

°Shuhei Ohno, Kasidit Toprasertpong, Shinichi Takagi, and Mitsuru Takenaka (The Univ. of Tokyo)

E-mail: ohno@mosfet.t.u-tokyo.ac.jp

【はじめに】深層学習においてボトルネックとなる行列計算を高効率化するため、Si フォトニクス技術をもとにしたプログラマブルな光集積回路による光ニューラルネットワークの研究が活発化している。我々は Si 導波路によるリング共振器クロスバーアレイ型光回路を用いた光ニューラルネットワークを提案し[1]、実際に光回路を試作することで原理検証を行ってきた[2]。Fig. 1 に示すように、この光回路は図の左方向（順方向）から光を入力することで通常の行列計算を行うのに対して、上方向（逆方向）から光を入力することにより転置行列の計算が行えると期待でき、これは誤差逆伝播法と呼ばれる、ニューラルネットワークの学習を高速化するアルゴリズムの実装に有効である。今回は試作した光回路を用いて転置行列計算が可能であるか調べることで、リング共振器クロスバーアレイによる誤差逆伝播法の原理検証を行ったので報告する。

【素子構成】試作した光回路の写真を Fig. 2 に示す。この光回路の構成は Fig. 3 のようになっており、 4×4 の行列計算が可能になっている。各リング共振器には熱光学位相シフタとして TiN ヒーターが装荷されている。スポットサイズ変換器を介して光回路の順方向、逆方向に入力された光は、多モード干渉カップラで分岐されて行列演算部の各入力ポートへ入力される。入力ポートには熱光学位相シフタによるマッハ・ツェンダー型光スイッチが集積されており、光入力強度の制御が可能である。各出力部には Ge 受光器が集積されており、光信号を電流に変換して出力することができる。

【実験結果】試作した光回路を用いて転置行列の計算が可能であるか検証した。まず光回路の順方向から多波長光を入力し、Ge 受光器から出力される電流が所望の出力に近づくように、フィードバック制御を用いて光位相シフタの印加電流を最適化した。このときの出力結果を Fig. 4(a) に示す。次に最適化させた光回路に逆方向から多波長光を入力して、転置行列の出力を測定した。光回路内の光路差を考慮し、得られる光電流は各入力ポート、受光器に対応する 8 種類のパラメーターで規格化した。規格化した測定結果を Fig. 4(b) に示す。Fig. 4(a) の転置がおおよそ出力できることが確認できる。わずかに発生している誤差は、マッハ・ツェンダー型光スイッチの波長依存性に起因したノイズによるものであると考えられる。以上の結果から、リング共振器クロスバーアレイを用いて転置行列計算が可能であり、この光回路が誤差逆伝播法を用いた学習加速に応用可能であることが分かった。

【謝辞】本研究の一部は JST、CREST、JPMJCR2004 および旭硝子財団研究助成の支援により実施した。

【参考文献】

[1] S Ohno et al., Jpn. J. Appl. Phys., 59, SGGE04 (2020).

[2] S. Ohno et al., European Conference on Optical Communication (2020) Tu1C-4.

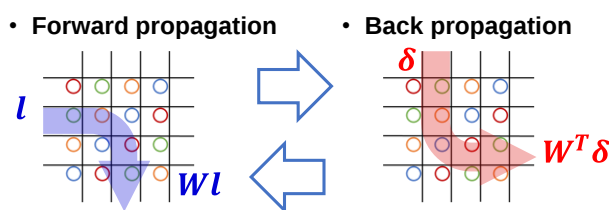


Fig. 1: Schematic of Back propagation using microring resonator (MRR) crossbar array.

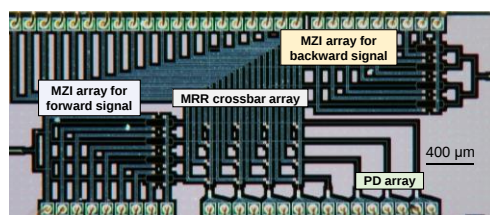


Fig. 2: Plan-view photograph of MRR crossbar array for back propagation.

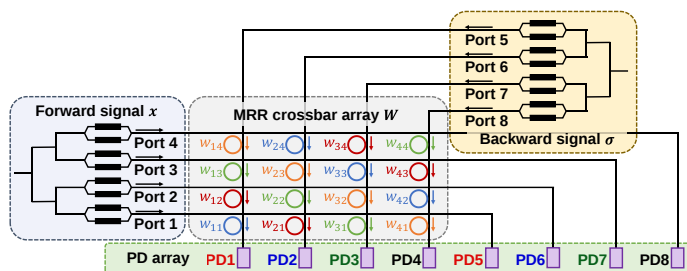


Fig. 3: Schematic of MRR crossbar array in Fig. 2.

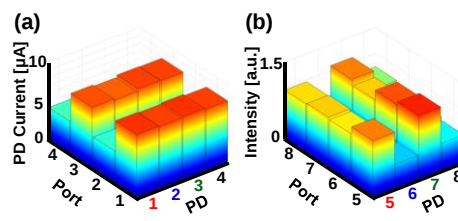


Fig. 4: Output of MRR crossbar array with (a) forward and (b) backward signal.