

進捗報告

佐藤孝嗣

目標

1. 電気回路で構成されたベクトル行列積演算器
2. 光デバイスで構成されたベクトル行列積演算器



これらの性能評価

●評価内容

- 演算速度
- 面積
- 消費電力
- 精度(アナログ計算は特に)

ベクトル行列積の実現方法

- 電気
 - CPU
 - GPU
 - 専用回路(CMOS)
- 光
 - 光加算器と光乗算器
 - FFT乗算器
 - 配列型乗算器
 - MZIを使ったベクトル行列演算器
 - WDM(波長分割多重乗算器)

ベクトル行列積の実現方法

- 電気

- CPU
- GPU
- 専用回路(CMOS)

- 光

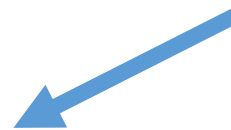
- 光加算器と光乗算器

- FFT乗算器
- 配列型乗算器

- MZIを使ったベクトル行列演算器

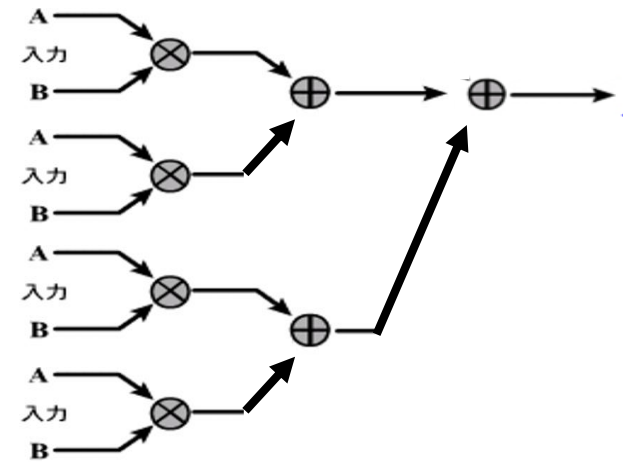
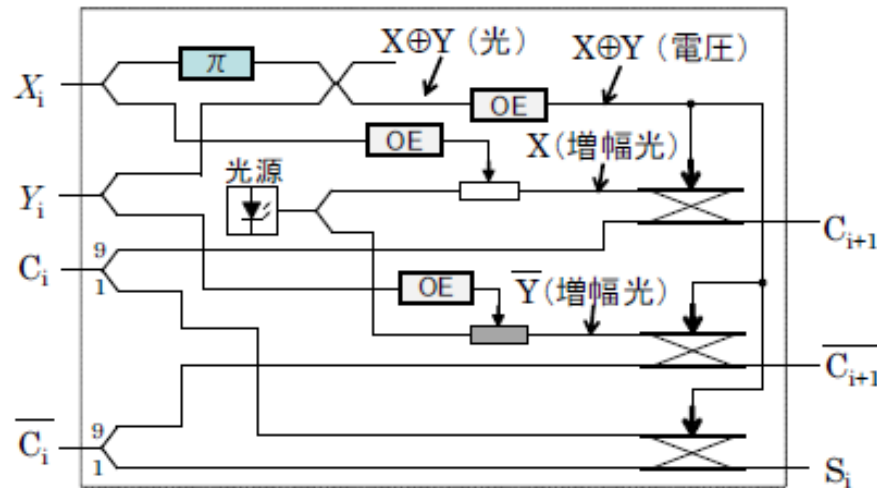
- WDM(波長分割多重乗算器)

今回はこれらの検討



光加算器と光乗算器

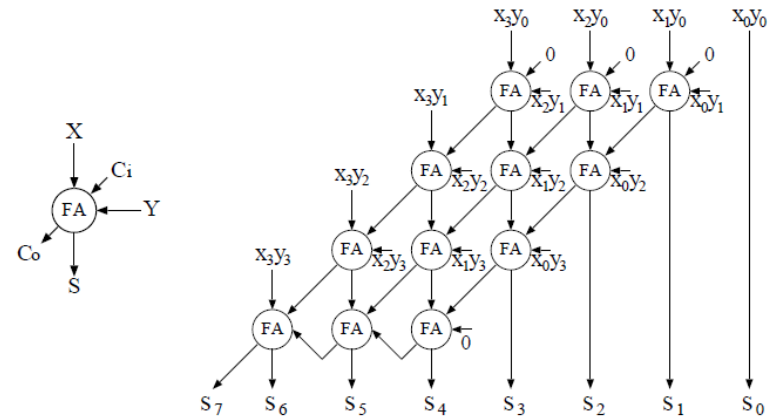
- 光加算器と光乗算器を並べて実装
- 光加算器
 - 光電変換が必要



参照: 石原亨

“光パスゲート論理に基づく並列加算回路の提案と光電混載回路シミュレータによる動作検証”

光乗算器



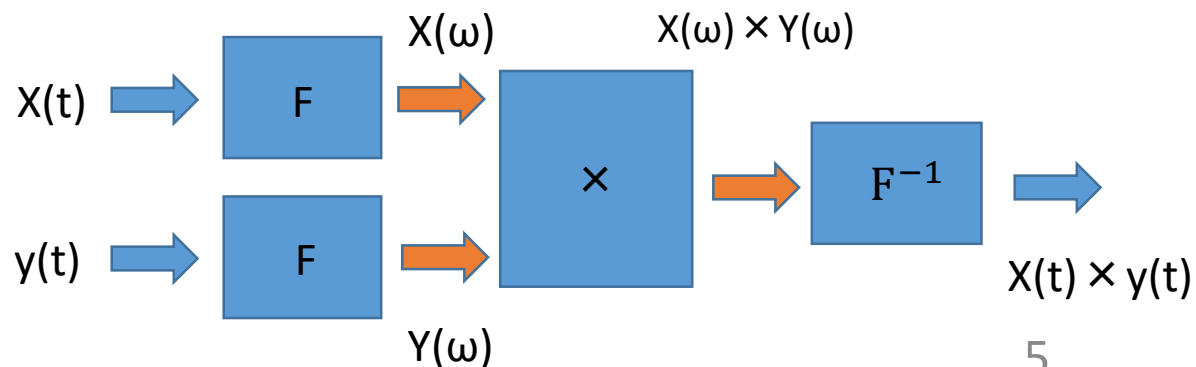
• 配列型乗算器

- 全加算器を多段に接続するため、光電変換を多用
- 光電変換の遅延時間により高速化が困難

• FFT乗算器

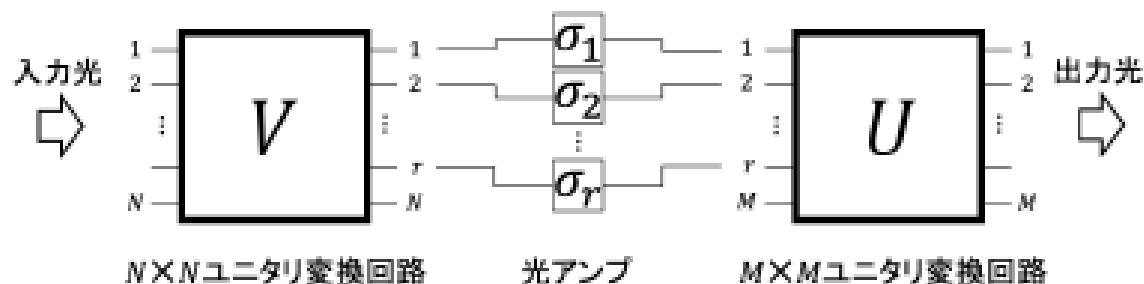
- フーリエ変換後、アナログ乗算、その後逆フーリエ変換
- アナログ乗算で扱う数値の範囲が小さい
- フーリエ変換器

- バタフライ回路
- MZI回路
- レンズ



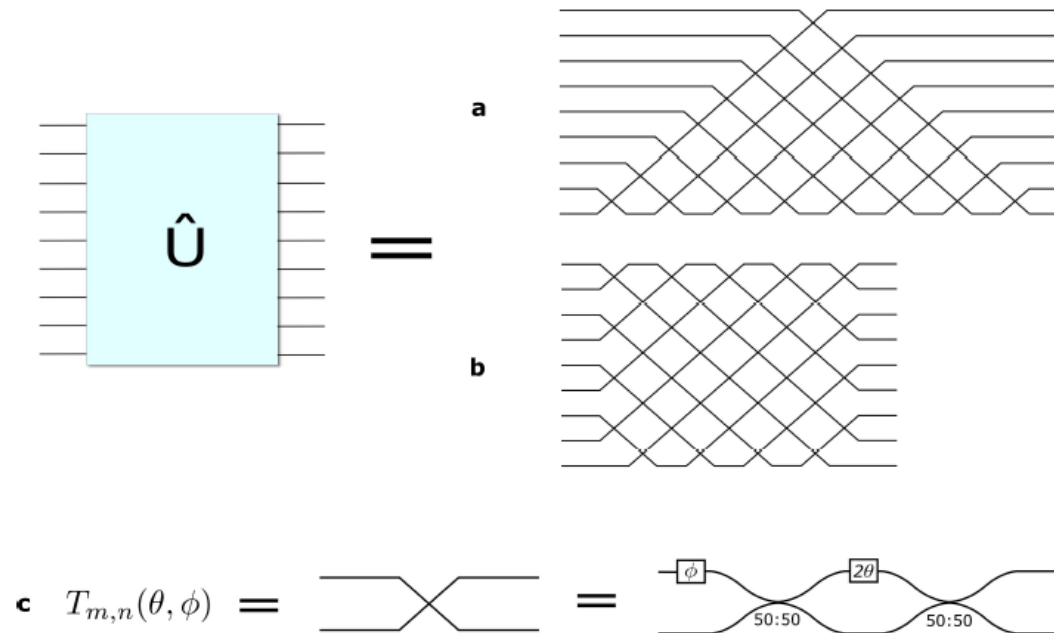
MZIを使った行列演算器

- 任意の $M \times N$ 行列 A を特異値分解によりユニタリ行列と対角行列で表現
- 任意のユニタリ行列はMZIで表現、対角行列はアンプで表現
- MZIとアンプだけで行列を表現可能



MZIによるユニタリ変換(1)

- 任意の $N \times N$ ユニタリ変換回路は下図のように $N(N-1)/2$ 個のMZIで2通りで表現可能



MZIによるユニタリ変換(2)

- 任意の $N \times N$ ユニタリ行列 $U(N)$ は以下に定義される $T_{mn}(\theta, \phi)$ と対角行列 D で次のように表すことができる
($I(N)$ は N 次元の単位行列)

$$U(N) \cdot T_{N,N-1} \cdot T_{N,N-2} \cdots T_{2,1} \cdot D = I(N).$$
$$T_{m,n}(\theta, \phi) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & e^{i\phi} \cos \theta & -\sin \theta \\ \vdots & \vdots & \vdots & e^{i\phi} \sin \theta & \cos \theta \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$T_{mn}(\theta, \phi)$ の θ と ϕ を適切な値にすることで回路の設計が可能

$T_{mn}(\theta, \phi)$ の θ , ϕ がどのように決定されるか要調査

今後の予定

- 11月2,3週

MZIユニタリ変換回路のパラメータの導出法サーベイ

またOptisystemにて設計

WDMMについてサーベイ

- 11月4, 5週

FFT乗算器アナログ計算部検討

Optisystemにて設計

電気回路の設計