

フォトニック結晶デバイス向け組み合わせ光論理回路の設計手法

Design methodologies for combinational logic circuits consisting of photonic crystal devices

山田和人 Kazuhito Yamada 浅井哲也 Tetsuya Asai 齊藤 晋聖 Kunimasa Saitoh 廣瀬哲也 Tetsuya Hirose 雨宮好仁 Yoshihito Amemiya

北海道大学大学院 情報科学研究科
Graduate School of Information Science and Technology, Hokkaido University

1 はじめに

近年、光伝送技術の進展によって、インターネット上のルータ間の伝送速度は Tbps を超える超高速が達成されている。この伝送速度は、今日のインターネットトラフィックの要求を満たすものではあるが、伝送路の高速化とともに中継ルータにおけるデータ処理の高速化が必須となる。しかし、電子回路の速度限界によりそれが実現困難であることが予想され、ルータがインターネットのボトルネックとなる可能性が出てきている。そこで、ルータの電気処理負荷を軽減し、高速なパケット転送を可能とする光ルータの開発が必要とされている。

本稿では、光信号を光のまま処理し、高速な通信を可能とする、フォトニック結晶デバイス向け組み合わせ光論理回路の設計手法について提案する。

2 光学処理に適した計算方法と用いるデバイス

我々は、図 1(a) に示す基本演算ユニットを用いた論理回路設計について研究を行ってきた [1]。基本演算ユニットの入力信号には、互いに干渉せず、ソリトンとも異なり、波同士が衝突すると消滅する性質を持つ、非干渉波を想定する。以下に、その動作について述べる。

図 1(a) の A、B は論理入力を表す。A、B の片方のみ "1" が入力された場合、図 1(b),(c) に示すように、対応する出力端子に "1" が出力される。A と B の両方に "1" が入力された場合は、図 1(d) に示すようにユニット内で入力が消滅し、"0" が出力される。

図 2 の NOT と AND により、上記の性質を持つ基本演算素子を用いて、NAND が構成できるので全ての組み合わせ論理回路が構成可能である。

提案の基本演算ユニットを、非線形光学デバイスで置き換える事で、実際に構成する事が可能になる。そのデバイス構成について、一例を図 3 に示す。提案のデバイスの入出力特性について以下に述べる。

構成材料は、フォトニック結晶スラブ構造の場合は背景媒質が Si や GaAs、散乱体が空孔であり、SOI 構造の場合は背景媒質が Si、散乱体がシリカを想定する。非線形光学効果とは、光のパワーによって媒質の屈折率が変化する物理効果であり、図 3 に示すような結晶回路においては、この非線形光学効果を利用して方向性結合器の動作を全光学的に制御できる。基本動作について以下に述べる。光入力の一つだけの時は、非線形光学効果を誘起するのに十分な光強度ではなく、通常の結合器として動作する。入力信号はクロスポートへ移り、信号 A は C へ、信号 B は D へ出力されることになる。一方、信号が

二つ入射されると、二つの光が重なり強度が強くなるため、非線形媒質の屈折率が変化し、真ん中の結合器（図 3 中の非線形カップラの部分）においては結合器としては動作しなくなり、A と B の合成された信号はバーポートへ出力される事になり、C、D からは出力されない。つまり、上述の基本演算ユニットの機能が実現できる。

3 まとめと今後の展望

フォトニック結晶デバイスを用いた光論理集積回路を構成するための設計手法と用いるデバイスについて提案した。今後は、集積光回路の小型化、損失 / 反射の低減に重点を置いて、シミュレーションの準備を整えていく。

参考文献

[1] Yamada K., et al., *IEICE Electron. Expr.* **3**(13), 292-298 (2006).

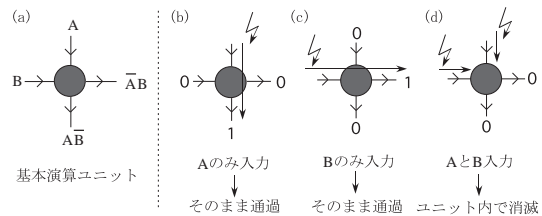


図 1 演算ユニットの動作概念図

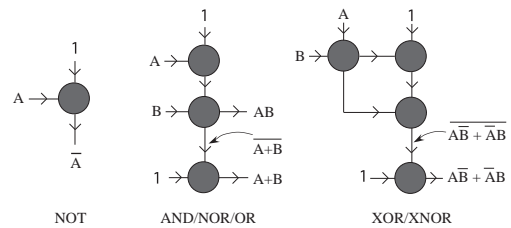


図 2 提案の演算ユニットを用いて構成した基本論理

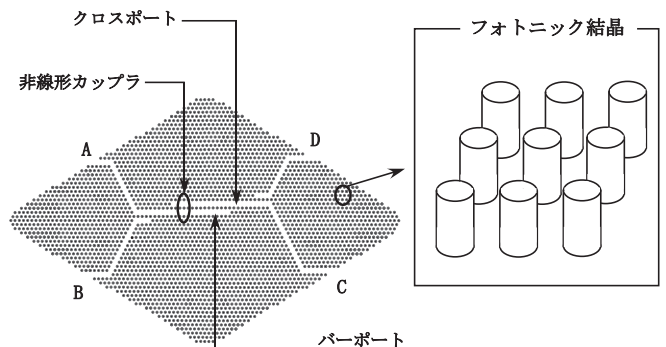


図 3 フォトニック結晶を利用した非線形方向性結合器に基づく論理演算素子