

Title	Ultrafast All-Optical Analog-to-Digital Conversion and Logic Operations Using Nonlinear Optical Loop Mirrors with Multi-Period Transfer Function
Author(s)	三好, 悠司
Citation	大阪大学, 2008, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/343">https://hdl.handle.net/11094/343</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

【26】

氏 名	三 好 悠 司
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 2 2 4 8 5 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 20 年 9 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科電気電子情報工学専攻
学 位 論 文 名	Ultrafast All-Optical Analog-to-Digital Conversion and Logic Operations Using Nonlinear Optical Loop Mirrors with Multi-Period Transfer Function (多周期の伝達関数を持つ非線形光ループミラーを用いた超高速全光アナログデジタル変換と全光論理演算に関する研究)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 北山 研一 (副査) 教 授 井上 恭 准教授 丸田 章博 教 授 滝根 哲哉 教 授 小牧 省三 教 授 馬場口 登 教 授 三瓶 政一 教 授 河崎善一郎 教 授 鷲尾 隆 教 授 溝口理一郎

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、筆者が大阪大学大学院工学研究科（電気電子情報工学専攻）に在学中に行った多周期の伝達関数を

持つ非線形光ループミラーを用いた超高速光アナログーデジタル変換と論理演算に関する研究成果についてまとめたものであり、以下のように構成されている。

第一章は序論であり、本研究の背景として、高速大容量の光通信におけるデジタル信号処理技術について述べ、ここで求められる光アナログーデジタル変換器、光論理演算器の性能について明らかにした。そして、既存の電子デバイスによるアナログーデジタル変換器の動作速度限界と光アナログーデジタル変換による性能改善について述べ、本研究の動機付けを行った。

第二章では、光アナログーデジタル変換の基本構成及び、光アナログーデジタル変換と光論理演算に用いる非線形光ループミラーについて構成と動作原理について述べた。光アナログーデジタル変換では $N$ ビットの分解能を得るために $2^{N-2}$ 周期の伝達関数を持つ非線形光ループミラー(NOLM)が不可欠であり、高速・高分解能動作を行うためには非線形光ループミラーの特性改善が必要となる。そこで、光ファイバの持つ色分散特性(CD)や自己位相変調(SPM)、相互位相変調(XPM)、四光波混合(FWM)、誘導ラマン散乱(SRS)の相互作用を考慮した設計法について提案した。そして、数値シミュレーション及び確認実験により非線形光ループミラーの設計法の有効性について検証した。

第三章では、分岐遅延合波器を用いた多ビットA/D変換についての提案を行う。 $N$ ビットの分解能を持つ光アナログーデジタル変換器を実現するために $N$ 個のNOLMが必要となり、高分解能の光波形デジタルタイザを得るためにはビット数を増やすと装置の大型化、高コスト化する問題があった。そこで、本章では分岐遅延合波器により、必要な非線形光ループミラーの数を削減する方法について提案した。また、提案方法についての原理確認実験を行い提案方法の有効性について確認した。

第四章では、非線形光ループミラーを用いた全光論理演算器について提案した。光時分割多重により生成された超高速光信号は電子デバイスによる処理が困難であり、提案方式により多重化された光信号のまま処理を行うことが可能となる。提案方式では非線形光ループミラーを用いることにより、原理的に数百Gbit/sで動作することが可能である。また、入力信号の強度を変化させることによりAND、NAND、OR、NOR、XOR、XNORを含む二入力出力のすべての論理演算が可能であり、要求される処理に対して柔軟に対応することが可能である。更に提案方式に基づいて原理確認実験を行い、光論理演算器としての非線形光ループミラーの動作速度限界について数値シミュレーションを用いて検討を行った。

第五章は結論であり、本研究で得られた成果について総括を行った。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、超高速光アナログーデジタル変換と光論理演算に関する研究成果についてまとめたものであり、多周期の伝達関数を持つ非線形光ループミラーを用いた光アナログーデジタル変換方法と光論理演算方法について提案している。内容について要約すると以下の通りである。

- (1)  $N$ ビットの分解能を持つ超高速光アナログーデジタル変換器を実現するためには $2^{N-2}$ 周期の伝達関数を持つ非線形光ループミラーが不可欠である。本論文ではファイバの持つ色分散特性(CD)や自己位相変調(SPM)、相互位相変調(XPM)、四光波混合(FWM)、誘導ラマン散乱(SRS)の相互作用について検討し、多周期の伝達関数を持つ非線形光ループミラーの設計法について提案している。そして、数値シミュレーション及び原理確認実験により非線形光ループミラーの設計法の有効性について検証している。
- (2) 分岐遅延合波器を用いて超高速光アナログーデジタル変換器に必要な非線形光ループミラーの数を削減する方法について提案している。従来方式では $N$ ビットの分解能を持つ光アナログーデジタル変換器を実現するためには $N$ 個の非線形光ループミラーが必要となり、高分解能の光アナログーデジタル変換器を得るためにビット数を増やすと装置の大型化、高コスト化する問題があった。提案方式により、1個の非線形光ループミラーでも動作速度を $N$ 分の1とすることで $N$ ビットの超高速光アナログーデジタル変換器を構成することができる。また、複数の非線形光ループミラーを用いて動作速度と分解能を柔軟に変化させることも可能

である。本論文では提案方法についての原理確認実験を行い、提案方法の有効性について確認している。

- (3) 非線形光ループミラーを用いた光論理演算器について提案している。光時分割多重により生成された超高速光信号は電子デバイスによる処理が困難であり、提案方式により時分割多重化された光信号のまま処理を行うことが可能となる。提案方式では非線形光ループミラーを用いることにより、原理的に毎秒数百ギガビットで動作することが可能である。また、入力信号の強度を変化させることにより、AND、NAND、OR、NOR、XOR、XNORを含む二入力出力のすべての論理演算が可能であり、要求される処理に対して柔軟に対応することが可能である。更に提案方式についての原理確認実験を行い、また、ファイバ中の色分散特性(CD)と非線形光学効果の相互作用による動作速度の制限について数値シミュレーションを用いて検討を行い、提案方法の有効性を確認している。

以上のように、本論文は有益な成果を提供するもので、情報通信工学分野の発展に貢献するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。