

機関番号: 12612
研究種目: 基盤研究 (C)
研究期間: 2009 ~ 2011
課題番号: 21560350
研究課題名 (和文) 光フーリエ変換を用いた低歪み光可変遅延線の研究
研究課題名 (英文) Studies of distortion-free optical variable time delay by using optical Fourier transformation
研究代表者
来住 直人 (Kishi, Naoto)
電気通信大学・情報理工学研究科・教授
研究者番号: 10195224

研究成果の概要: 光通信ネットワークにおいて光信号の時間タイミングを可変するために不可欠な「光可変遅延線」を、光フーリエ変換を利用して構成し、光信号に対する時間遅延を低信号歪みで実現する手法を提案し、位相変調器と分散性媒質、光波長変換器によって構成された光可変遅延線の特性的評価を行った。

研究成果の概要 (英文): Variable optical delay-line is very important for optical signal timing adjustment in optical communication networks. In this study, optical Fourier transformation(OFT) is applied to such variable optical delay-line to realize distortion-free operation. The characteristics of the OFT-incorporated optical delay-line, which is realized with a phase modulator, a suitable length of optical fiber, and a wavelength converter is evaluated. Distortion-free as well as variable time-delay operation of the delay-line is successfully demonstrated.

交付決定額

(金額単位: 円)

年度	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2010 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2011 年度	600,000	180,000	780,000
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野: 工学

科研費の分科・細目: 電気電子工学・通信・ネットワーク工学

キーワード: 光ネットワーク 光可変遅延 光フーリエ変換 波長変換 波長分散

1. 研究開始当初の背景

将来の光通信ネットワークにおいては、信号処理を従来の電気信号レベルではなく光信号

において高速に実現することが要請され、中でも、信号の時間タイミングを柔軟に設定できる光可変遅延線は、光信号の衝突回避や光

信号の時間タイミングの同期等の機能において不可欠である。しかしながら、従来の光可変遅延線の構成においては、波形歪みの要因となる波長分散を用いて時間遅延を生成するために、信号波形歪みの増大が避けられない。

そこで、位相変調器と光ファイバ伝送路を組合わせて実現される「光フーリエ変換」を用いることで線形歪みのないスペクトルを時間波形に変換することで、信号歪みの少ない光可変遅延線を実現する手法の着想を得た。

2. 研究の目的

本研究課題においては前記の背景に基づいて、光フーリエ変換を用いた信号歪みの少ない光可変遅延線を実現しその特性を評価することを目的とする。

(1) 光フーリエ変換器の設計と動作特性評価

光フーリエ変換器の理論解析に基づき光フーリエ変換器の設計を行い、これに基づき構成された光フーリエ変換器の動作特性評価を行う。

(2) 光可変遅延線の動作特性評価

(1)に基づいて構成した光フーリエ変換器により光可変遅延線を構成し、光信号の遅延特性を評価する。

3. 研究の方法

前記の目的の達成のための方法を項目別に以下に示す。

(1) 光フーリエ変換器の設計と動作特性評価

信号の時間波形とスペクトルを交換可能な光フーリエ変換器の理論解析を行い、これに基づいて、現有の設備で生成可能な光パルス幅と位相変調の量、得られる波長分散量の最大値を考慮して、本研究における可変遅延線の核となる光フーリエ変換器の設計を行う。設計に基づき構成された光フーリエ変換器の動作特性評価を行う。

(2) 光可変遅延線の動作特性評価

(1)の設計に基づいて構成した光フーリエ変換器において、入光信号波形と、フーリエ変換された出力光信号波形のパルス幅が同一もしくは近い値となる条件を理論的に予測し、そのような信号波形に対して動作する光可変遅延線を、光フーリエ変換器と光波長変換器な

どで構成する。構成した光可変遅延線の特性を、入出力信号光波形の観測および信号の符号誤り率特性などの手段により評価する。

4. 研究成果

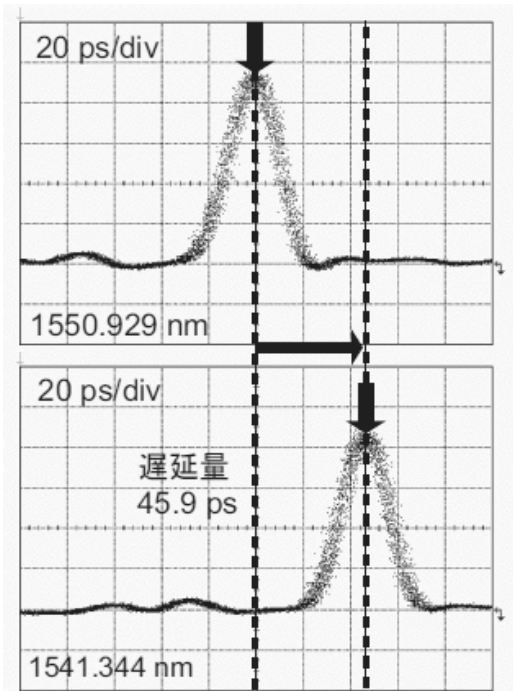
(1) 光フーリエ変換器の設計と動作特性評価

光フーリエ変換器の理論解析に基づき、現有の設備で生成可能な光パルス幅と位相変調の量、得られる波長分散量の最大値を考慮して、光フーリエ変換器を設計した。この設計に基づいて、位相変調器と可変分散補償器(分散性媒質)により構成した光フーリエ変換器の変換特性を評価したところ、フーリエ変換の条件からのずれによる出力変換波形の歪みが観測されたので、位相変調器の変調特性を計測することで、位相変調指数を明らかにした。ここで得られた位相変調特性に基づいて、フーリエ変換を可能とする可変分散補償器の補償量を見積り、光フーリエ変換器の再設計を行った。このとき、フーリエ変換変換前の信号光と変換後の信号光の波形が等しくなる条件も満足できるようにした。

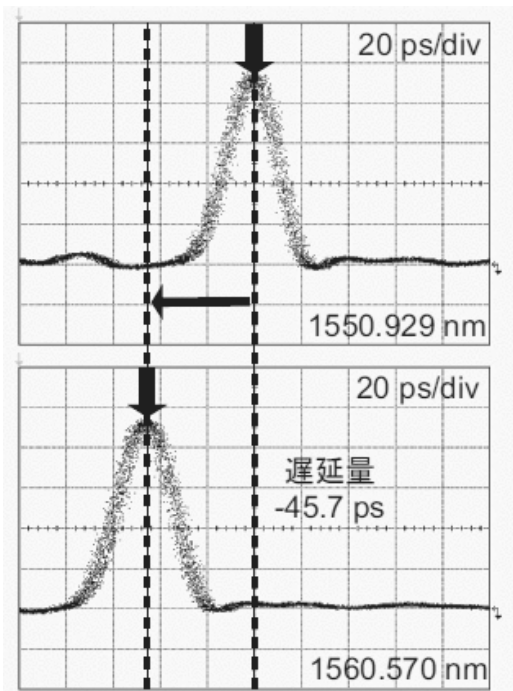
(2) 光可変遅延線の動作特性評価

可変遅延線においては、光信号の波長を変換することにより分散性媒質における時間遅延を作り出している。そこで、入力信号光の波長を可変することにより波長変換を模擬し、分散性媒質として数種類の長さが数 km 程度の光ファイバ線路を用いることで、所望の遅延量を得ることに成功した。さらに光信号の品質評価を符号誤り率特性により行い、信号品質劣化の少ない可変遅延が可能であることを明らかにした。具体的な例としては、長さ 2 km の分散シフト光ファイバを分散性媒質として用い、波長 1550 nm 帯のパルス幅 20.53 ps の信号を入力とした場合、波長を 19.2 nm 変化させた際に、理論値に近い 92 ps の可変遅延量を得ることが出来、なおかつ出力光のパルス幅も入力とほぼ等しい 20.39 ps を得ることができ低歪みの可変遅延線が実現可能であることを実証した。図 1 に、この光遅延線において光波長を短波長もしくは長波長に変化させた場合の入出力信号波形を示す。出力信号パルスは幅 20.39 ps となり、入力とほぼ一致している。波長を (a) のように短波長に -9.585 nm 変化

させた場合と、(b)のように長波長に9.641 nm 変化させた場合、得られた遅延量はそれぞれ45.9 ps と-45.7 ps であり、理論値の±46 ps に近い遅延量を得ていることがわかる。



(a) 短波長側に 9.585 nm 変化させた場合



(a) 長波長側に 9.641 nm 変化させた場合

図 1 遅延線の入力 (上段) および出力 (下段) 波形

5. 主な発表論文等

(研究代表者及び研究分担者、連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件: 全て査読あり)

- [1] H.N.Tan, Q.N.The, M.Matsuura, N.Kishi, “Reconfigurable all-optical OTDM-to-WDM conversion using a multiwavelength ultrashort pulse source based on Raman compression”, *Journal of Lightwave Technology*, Vol.30, pp.853-863 (2012), DOI: 10.1109/JLT.2011.2182497.
- [2] Q.N.The, M.Matsuura, H.N.Tan, and N.Kishi, “All-optical NRZ-to-RZ data format conversion with picosecond duration-tunable and pedestal suppressed operations”, *IEICE Transactions on Electronics*, Vol.E94-C pp.1160-1166 (2011), DOI: 10.1587/transele.E94.C.1160.
- [3] Md.N.S.Bhuiyan, M.Matsuura, H.N.Tan, and N.Kishi, “Simultaneous multi-channel wavelength conversion of polarization shift keying signal with different channel group-delay and state of polarization”, *Optics Communications*, Vol.284, pp.665-669 (2010), DOI: 10.1016/j.optcom.2010.09.056.
- [4] H.N.Tan, M.Matsuura, and N.Kishi, “Enhancement of input power dynamic range for multiwavelength amplification and optical signal processing in a semiconductor optical amplifier using holding beam effect”, *Journal of Lightwave Technology*, Vol.28, pp.2593-2602 (2010), DOI: 10.1109/JLT.2010.2055040.
- [5] Md.N.S.Bhuiyan, M.Matsuura, H.N.Tan, and N.Kishi, “Polarization-insensitive and widely tunable wavelength conversion for polarization shift keying signal based on four wave mixing in highly non-linear fiber”, *Optics Express*, Vol18, pp.2467-2476 (2010), DOI: 10.1364/OE.18.002467.

[学会発表]

(計 7 件:文献 [1] を除いて全て査読あり)

- [1] 渡邊朋之, 小野智彦, ゲン テ クワン, 松浦基晴, 來住直人, “光フーリエ変換を用いた光可変遅延回路の構成法” 電子情報通信学会技術研究報告, OFT2011-82, 機械振興会館 (2012 年 3 月 2 日).
- [2] H.N.Tan, Q.N.The, M.Matsuura, and N. Kishi, “Wavelength- and time-selective OTDM-to-WDM conversion with variable channel spacing in WDM grid using a reconfigurable multiwavelength pulse compressor”, *37th European Conference on Optical Communication (ECOC2011)*, Tu.5.LeCervin.2, Geneva, Switzerland (2011 年 9 月 20 日).
- [3] Md.N.S.Bhuiyan, M.Matsuura, H.N.Tan, and N. Kishi, “Transmission performance investigation of PolSK signal based on optical phase conjugation using SOP transparent scheme”, *16th Optoelectronics and Communications Conference (OECC2011)*, 7C4-2, Kaohsiung, Taiwan (2011 年 7 月 7 日).
- [4] H.N.Tan, M.Matsuura, and N. Kishi, “Parallel regenerative waveform conversion for mixed NRZ and RZ transmission networks using a SOA-based multiple switching-window optical gate”, *Optical Fiber Communication Conference(OFC2011)*, OWG4, Los Angeles, USA (2011 年 3 月 9 日).
- [5] Q.N The, M.Matsuura, H.Ng.Tan, and N. Kishi, “All-optical picosecond duration-tunable NRZ-to-RZ data format conversion with pedestal suppression”, *15th Optoelectronics and Communications Conference(OECC2010)*, 8C2-3, Sapporo, Japan (2010 年 7 月 8 日).
- [6] H.N.Tan, M.Matsuura, and N. Kishi, “Reduction of FWM and XGM for dynamic range improvement in SOA-based multiwavelength amplification using holding beam”, *15th Optoelectronics and Commu-*

nications Conference(OECC2010), 7D1-2, Sapporo, Japan (2010 年 7 月 7 日).

- [7] Md.N.S.Bhuiyan, M.Matsuura, H.N.Tan, and N. Kishi, “Channel group-delay- and polarization-insensitive wavelength conversion of multichannel polarization-shift keying signal”, *Optical Fiber Communication Conference(OFC2010)*, JWA50, San Diego, USA (2010 年 3 月 24 日).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

來住 直人 (Kishi Naoto)

電気通信大学・情報理工学研究科・教授

研究者番号: 10195224

(2) 連携研究者

松浦 基晴 (Matsuura Motoharu)

電気通信大学・先端領域教育研究センター・

准教授

研究者番号: 40456281