

平成 1 8 年度 学術創成研究費 研究終了報告書（事後評価用）

平成 1 8 年 3 月 3 1 日

ふりがな	きくち かずろう		②所属研究機関・部局・職		東京大学・先端科学技術研究センター・教授			
①研究代表者氏名	菊池 和朗							
③研究課題名（英訳名）	光ファイバ型全光学的信号処理デバイスの研究 (Fiber-Based Optical Devices for All-Optical Signal Processing)							
④研究経費 (千円未満切捨)	年度	研究経費（千円）		使用内訳（千円）				
		交付額	支出額	設備備品費	消耗品費	旅費	謝金等	その他
	平成 13 年度	70,000	70,009	49,727	18,605	0	549	1,128
	平成 14 年度	70,200	70,206	41,565	24,173	3,317	198	953
	平成 15 年度	70,100	70,100	29,263	33,592	1,591	82	5,572
	平成 16 年度	70,600	70,600	31,115	22,333	3,843	9,190	4,119
	平成 17 年度	70,600	70,600	20,041	33,830	5,125	8,940	2,664
	総計	351,500	351,515					
⑤研究組織（研究代表者及び研究分担者）								
氏名	所属研究機関・部局・職	現在の専門	役割分担（研究実施計画に対する分担事項）					
菊池 和朗	東京大学・先端科学技術研究センター・教授	光エレクトロニクス	研究の総括					
計 1 名								

⑥当初の研究目的

インターネットの普及にともない、光ファイバ伝送システムの伝送容量は上昇を続け、実験室レベルではすでに 10Tbit/s に達している。しかし一方、光を光のままに信号処理する技術が未開発であるため、ネットワーク上で光信号の経路を制御するためには、すべての光信号を電気に変換した後、電気段で信号処理を行うことが不可欠である。このため、ネットワーク上の信号処理速度が電子回路で律速される“エレクトロニクスボトルネック”が顕在化しつつある。将来の超大容量フォトニックネットワークでは、ネットワーク上を流れる光信号を電気信号への変換を介さずに光のままに信号処理する“全光信号処理技術”が重要となると考えられる。

フォトニックネットワークに必要なとされる全光学的信号処理には、波長可変フィルタリング、波長ルーティング、適応分散補償などのアナログ的高機能光フィルタリング機能、全光学的波長変換や全光時間多重分離に代表されるデジタル的全光学的光スイッチング機能など多岐にわたる。本研究では、このようなフォトニックネットワークからの要請に応えるために、光ファイバをベースにした実用的な全光信号処理デバイスを開発し、実際にこれらをフォトニックネットワークへ導入することを最終目標とする。光ファイバ型のデバイスは、ファイバ伝送路中に低損失で挿入できること、材料としての成熟度が高いこと、ホストガラスやドーパントの選択により多様な機能が実現できることなどの利点が大きく、短期間での実用化が期待できる。

より具体的には、本研究は(1)高機能ファイバブラッググレーティング(FBG)技術および(2)高非線形光ファイバ技術の中核として実施される。(1)では、FBG を用いて、任意の伝達特性を持つ光フィルタを作製する技術を開発する。(2)では、超高非線形光ファイバを新たに開発し、これを用いて超高速全光学的光スイッチを実現する。これらの成果を結集して、光波長変換器、全光再生中継器、全光時間多重分離器など、160Gbit/s 光伝送システムに必須とされる全光信号処理サブシステムを構築する。その評価を通じて、将来の  $N$  波長  $\times$  160Gbit/s 光時間多重 (OTDM)・波長多重(WDM)ネットワークの基盤を固める。

⑦研究成果の概要

研究目的に対する研究成果を必要に応じて図表等を用いながら、具体的に記入してください。

本研究は、表 1 に示す研究チーム間の緊密な連携によって実施された。菊池（東大先端研）が研究を総括し、多久島（東大先端研）が非線形光スイッチの設計・試作・評価を行った。杉本（旭硝子㈱中研）は東大先端研との緊密な共同研究のもとで、Bi 系高非線形光ファイバの設計・試作に従事した。Lee (KIST) は、菊池と協力して Bi 系ファイバ非線形光スイッチを用いた全光信号処理サブシステムを構築し、その評価を行った。Ibsen (Southampton U.) は、FBG の設計法および作製法に関し、菊池に協力した。これらの共同研究は、各研究グループの研究者が 1 ヶ月～1 年間、互いの研究機関に客員として在籍することにより実施された。以下に述べる本研究プロジェクトの成果は、このような有機的な研究の連携によるところが大きい。

研究成果の概要を図 1 に示す。FBG による高機能光フィルタおよび超高非線形光ファイバの開発に成功し、これらの技術を用いて、種々の全光学的信号処理機能を 160Gbit/s サブシステム上で実証した。これと並行して、基本となる非線形光ファイバ光学の物理に新しい知見を見出したほか、新しい超高速光計測システムの開発にも成功した。これらの成果は随時、全光学的信号処理サブシステム構築のために利用された。以下に、項目ごとに研究成果の概要を述べる。

研究の総括  
東大先端研  
菊池和朗(研究代表者)

非線形光学デバイスの試作と評価  
東大先端研  
多久島裕一 (H13年度、  
H16年度-H18年2月:研究分担者)

Bi系ファイバの設計と試作  
旭硝子㈱中央研究所  
杉本直樹(H13-H16年度:研究分担者、  
H17年度:研究協力者)

全光信号処理サブシステム  
Photonics Research Center, Korea Institute  
of Science and Technology (KIST)  
Ju Han Lee(H16-H17年度:研究協力者)

FBGの設計・試作・応用  
Optoelectronics Research Centre (ORC),  
Southampton University  
Morton Ibsen(H13-H17年度:研究協力者)

表 1 研究体制

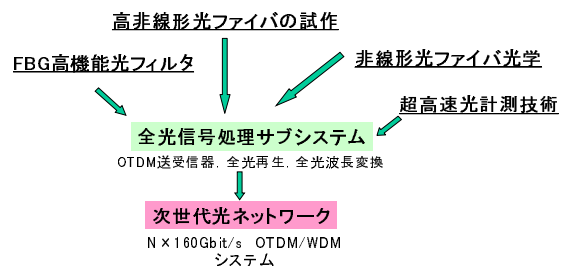


図 1 研究成果の概要

(1)  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  ガラス高非線形光ファイバの開発

$\text{Bi}_2\text{O}_3$  を主成分とするガラス（ビスマスガラス）は、通信波長帯において光と電子の相互作用が強く、高い線形屈折率を示すことから、非線形ファイバの新材料として有力な候補であった。本研究では、 $\text{Bi}_2\text{O}_3$  含有量が極めて高いガラスを合成した。次にコアおよびクラッドの  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  ガラス組成を最適に制御して、非線形屈折率  $n_2$  を増強すると同時にコアを細径化し、世界最高性能の低損失・高非線形均一コア光ファイバの紡糸に成功した。

## ⑦研究成果の概要 つづき

作製された高非線形光ファイバの主要諸元は以下のとおりである。伝搬損失 $\alpha=0.8\text{dB/m}$ 、非線形係数 $\gamma=1360\text{W}^{-1}\text{km}^{-1}$ 、分散値 $D=-300\text{ps/nm/km}$ 、石英ガラスファイバへの融着接続損 $<3\text{dB}$ 。この非線形係数は、従来報告されている高非線形石英ガラスファイバの非線形係数 $\gamma=20\text{W}^{-1}\text{km}^{-1}$ の60倍以上の値を持つ。石英ガラスへの融着接続可能性、高い機械的、化学的安定性とあいまって、(5)で述べる種々の全光学的信号処理が可能になった。

### (2) FBG 高機能光フィルタ

光ファイバの長手方向に、任意の屈折率分布（屈折率変化の大きさおよび位相）を持つFBGを描画する装置を開発した。さらに、光フィルタの伝達関数が与えられたとき、これを実現するFBGの屈折率分布を求める設計手法を完成させた。これらの2つの技術により、任意の伝達関数を持つFBGの作製が可能となった。試作された高機能FBGフィルタは、8波長同時分散補償器、分散フリー・ナイキストフィルタ、光パルス波形整形用光フィルタなどであり、種々の全光学的信号処理実験に導入された。

### (3) 非線形光ファイバ光学

正常分散を持つ特殊光ファイバ（分散傾斜型、分布増幅型など）中でのパルス伝搬特性を詳細に解析し、ある条件下で放物線型形状の光パルスが伝搬できることを示した。この知見に基づき、光ファイバ中の利得分布、分散分布、光カー効果を最適に制御することにより、高いスペクトル平坦性を有するスーパーコンディニウム(SC)光を得る手法を開発した。この手法は、(5)で述べる160GHzピコ秒パルス光源に導入された。

光ファイバの変調不安定現象を用いると、高いパラメトリック利得を得ることができるので、種々の信号処理が可能となる。本研究では、2波長でポンプした場合に生じる広帯域変調不安定現象の物理を初めて解明し、これを用いて高効率・広帯域全光波長変換を実現した。

さらに、ファイバの長手方向に対して十分な“ねじり”を加えた円偏波維持光ファイバの非線形光学特性を体系化した。この知見に基づき、円偏波維持光ファイバを用いて光スイッチの動作を偏波無依存化できることを提案し、偏波無依存相互位相変調スイッチ、偏波無依存四光波混合波長変換器などの新規デバイスの開発によりこれを実証した。

### (4) 超高速光計測技術

160Gbit/s超高速信号のアイパターンをモニタするために、全光ファイバ構成の新しい原理に基づく非同期型光サンプリングオシロスコープの開発に成功した。光サンプリングパルスは受動モード同期光ファイバレーザから得られ、サンプリングゲートには高非線形ファイバで構成される偏波無依存四光波混合スイッチを用いている。時間分解能は1ps以下であり、(5)の全光信号処理サブシステムの評価に常時活用された。

### (5) 160Gbit/s 全光信号処理サブシステム

160Gbit/s超高速光伝送システムを構成するサブシステム（送信器、受信器、波長変換器など）を、(1)-(4)の技術を結集して構築、評価した。その代表的成果を以下に示す。

#### 5-1 160Gbit/s 送信器

高速光変調器を用いるパルス発生法は、モード同期レーザに比べて安定性・信頼性に優れるが、160Gbit/sシステムに適用可能なピコ秒パルスを発生することはこれまで困難であった。これに対して本研究プロジェクトでは、位相変調およびチャープ補償により得られたパルス光を、(3)で設計・試作されたSC発生用の石英ガラス光ファイバに導き、SCをスペクトルスライスすることによりパルス圧縮・波形整形する手法を提案した。この手法により得られた10GHzパルス列の時間幅は2ps、消光比は20dB以上であり、Cバンドをカバーする1530-1560nmの動作波長範囲が実現された。このパルス列を変調し16時間多重することにより、160Gbit/s信号が極めて安定に生成された。

#### 5-2 160Gbit/s 受信器

電気処理の速度限界を超える160Gbit/s信号を受信するための光受信器を試作した。まず、160Gbit/s信号から10GHz光クロックパルスを再生する。次にこのパルスを用いて全光ゲートスイッチを開閉し、160Gbit/s信号を10Gbit/sに時間多重分離する。本研究では、このような2つの全光信号処理機能を持つ受信器を、長さ1mの $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ガラス高非線形ファイバを用いて実現した。

#### 5-3 160Gbit/s 全光波長変換器

波長 $\lambda_1$ の160Gbit/s信号を任意の波長 $\lambda_2$ に全光学的に変換する光回路を、長さ1mの $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ガラス高非線形光ファイバを用いて実現した。波長 $\lambda_1$ の160Gbit/s信号で波長 $\lambda_2$ のCW光をスイッチすることにより、全光学的波長変換を実現した。波長可変範囲は10nmであった。

## ⑧特記事項

この研究において得られた、独創性・新規性を格段に発展させる結果あるいは可能性、新たな知見、学問的・学術的なインパクト等特記すべき事項があれば記入してください。

### (1) 高非線形ファイバの新たな応用

本研究において開発に成功した  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  高非線形ファイバの非線形係数は  $\gamma > 1,000 \text{W}^{-1}\text{km}^{-1}$  であり、従来の高非線形石英ガラスファイバの60倍以上の値を持つ。高い機械的および化学的安定性、石英ガラスファイバへの融着可能性などの優れた特性とあわせ、超高速全光スイッチングデバイスへの応用が可能となった。また、モード同期ファイバレーザ共振器中に短尺の  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  高非線形ファイバを挿入し、その非線形性を利用してパルス安定化をはかる試みが注目を集めるなど、光通信分野以外への展開も各国で活発化している。このように、 $\text{Bi}_2\text{O}_3$  高非線形ファイバは世界的に高い評価を受け、光ファイバを用いた全光信号処理技術の分野に新しい研究の潮流を生み出している。

### (2) 非線形ファイバ光学の新たな展開

#### 2-1 放物線型光パルス伝搬

異常分散ファイバでは、自己位相変調(SPM)と異常分散の釣り合いにより、安定な“ソリトン”パルスが形成されることが広く知られており、ソリトンパルスの基礎と応用に関して一つの学問分野が形成されている。一方最近、正常分散を持つ特殊光ファイバ(分散傾斜型、分布増幅型など)中では、ある条件化で“シミラリトン”と呼ばれる放物線型光パルスが伝搬できることが明らかになり、その応用の可能性が拓けてきた。本研究は、放物線型光パルス伝搬を用いたスーパーコンティニューム(SC)発生原理の解明とその応用に関して、大きな貢献を行った。SCを用いた10GHzピコ秒パルス列発生器の開発など、実用化に繋がる成果を生み出している。

#### 2-2 光ファイバの変調不安定性の解明

異常分散光ファイバに強いポンプ光を入射すると、その側帯波に光パラメトリック利得が生じる。この現象を変調不安定性と呼ぶ。単一のポンプ光を用いた場合にはパラメトリック利得帯域は極めて狭いが、最近、正常分散領域と異常分散領域に2つのポンプ光を配置することにより、このポンプ光ではさまれた広い帯域に変調不安定性が生じることが実験的に発見された。

本研究では、このような2ポンプ変調不安定性に関する一般的な理論を展開し、その機構を解明することに成功した。さらにこの理論に基づき超広帯域波長変換を実現するなど、この分野の研究の進展に貢献した。ごく最近、無雑音パラメトリック光増幅の提案がなされるなど、この現象を用いて新しい革新的デバイスが生み出される可能性がある。

#### 2-3 円偏波保持光ファイバの非線形光学効果の解明

通常の光ファイバは弱い直線複屈折がランダムに分布するため、非線形効果の信号光偏波依存性はファイバの長手方向に平均化される。これに対して、光ファイバに捻りを加えた円偏波保持ファイバでは、直線複屈折性が捻りにより補償され、完全等方媒質中での非線形効果が発現することが明らかになった。このファイバを用いて、相互位相変調効果の信号偏波無依存化、信号光の偏波状態が自らの偏波状態によって変調される楕円偏波回転効果など、従来の光ファイバでは実現できない非線形現象を観測することができた。

円偏波保持非線形光ファイバは、全光学的光信号処理の分野のみならずフェムト秒光ファイバレーザへの導入の検討も開始されるなど、今後、広範に応用される可能性を秘めている。

### (3) 160Gbit/s 光伝送システムへの貢献

現在、40Gbit/s 光伝送システムの商用化が開始されようとしており、次のステップとして100Gbit/s イーサネット、160Gbit/s 光伝送システムへの関心が急速に高まってきた。これらのシステムを構築するために、高機能光フィルタ技術、全光学的光スイッチング技術、超高速光計測技術への期待は大きく、本研究は将来の100Gbit/s を越える光伝送システムを支える基盤技術の確立に貢献したと考える。

## ⑨研究成果の発表状況

この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文（投稿中の論文を記入する場合は、掲載が決定しているものに限ります。）の全著者名、論文名、学協会誌名、巻（号）、最初と最後のページ、発表年（西暦）、及び国際会議、学会等における発表状況について、3頁以内に収めて記入してください。

### 学術雑誌論文

- [1] T. Tanemura and K. Kikuchi, "Observation of elliptical polarization rotation in a long twisted fiber," *Opt. Lett.*, vol.31, no.7, pp.882-884, 2006
- [2] J. H. Lee, C. H. Kim, Y.-G. Han, S.B. Lee, T. Nagashima, T. Hasegawa, S. Ohara, N. Sugimoto, and K. Kikuchi, "Bismuth nonlinear fibre-based optical phase conjugator without SBS-induced efficiency limitation and its application to dispersion compensation in transmission link," *Electron. Lett.*, vol.42, no.5, pp.298-299, 2006
- [3] T. Tanemura, J. H. Lee, D. Wang, K. Katoh, and K. Kikuchi, "Polarization-insensitive 160-Gb/s wavelength converter with all-optical repolarizing function using circular-birefringence highly nonlinear fiber," *Opt. Express*, vol.14, no.4, pp. 1408-1412, 2006
- [4] J. H. Lee, T. Nagashima, T. Hasegawa, S. Ohara, N. Sugimoto, and K. Kikuchi, "Wide-band tunable wavelength conversion of 10-Gb/s nonreturn-to-zero signal using cross-phase modulation-induced polarization rotation in 1-m Bismuth Oxide-based nonlinear optical fiber, *IEEE Photonics Technol. Lett.*, vol.18, no.1, pp. 298-300, 2006
- [5] J. H. Lee, T. Nagashima, T. Hasegawa, S. Ohara, N. Sugimoto, K. Kikuchi, "Bismuth-Oxide-based nonlinear fiber with a high SBS threshold and its application to four-wave-mixing wavelength conversion using a pure continuous-wave pump," *J of Lightwave Technol.*, vol.24, no.1, pp. 22-28, 2006
- [6] J. H. Lee, T. Nagashima, T. Hasegawa, S. Ohara, N. Sugimoto, and K. Kikuchi, "Clock recovery and demultiplexing of high-speed OTDM signal through combined use of bismuth oxide nonlinear fiber and erbium-doped bismuth oxide fiber," *IEEE Photonics Technol. Lett.*, vol.17, no.12, pp. 2658-2660, 2005
- [7] J.H. Lee, T. Tanemura, Y. Takushima, and K. Kikuchi, "All-optical 80-Gb/s add-drop multiplexer using fiber-based nonlinear optical loop mirror," *IEEE Photonics Technol. Lett.*, vol.17, no.4, pp.840-842, 2005
- [8] J. H. Lee, T. Nagashima, T. Hasegawa, S. Ohara, N. Sugimoto, and K. Kikuchi, "Bismuth oxide nonlinear fibre-based 80 Gbit/s wavelength conversion and demultiplexing using cross-phase modulation and filtering scheme," *Electron. Lett.*, vol. 41, no.22, pp. 1237-1238, 2005
- [9] J. H. Lee, Y. Takushima, and K. Kikuchi, "Continuous-wave supercontinuum laser based on erbium-doped fiber ring cavity incorporating a highly nonlinear optical fiber," *Opt. Lett.*, vol.30, no.19, pp.2599-2601, 2005
- [10] J. H. Lee, T. Nagashima, T. Hasegawa, S. Ohara, N. Sugimoto, and K. Kikuchi, "40 Gbit/s XOR and AND gates using polarisation switching within 1 m-long bismuth oxide-based nonlinear fibre, *Electron. Lett.*, vol.41, no.19, pp. 1074-1075, 2005
- [11] T. Tanemura, K. Katoh, and K. Kikuchi, "Polarization-insensitive asymmetric four-wave mixing using circularly polarized pumps in a twisted fiber," *Opt. Express*, vol.13, no.19, pp.7497-7505, 2005
- [12] J. H. Lee, K. Kikuchi, T. Nagashima, T. Hasegawa, S. Ohara, and N. Sugimoto, "All fiber-based 160-Gbit/s add/drop multiplexer incorporating a 1-m-long Bismuth Oxide-based ultra-high nonlinearity fiber," *Opt. Express*, vol.13, no.18, pp. 6864-6869, 2005
- [13] J. H. Lee, T. Nagashima, T. Hasegawa, S. Ohara, N. Sugimoto, and K. Kikuchi, "Wavelength conversion of 160 Gbit/s OTDM signal using bismuth oxide-based ultra-high nonlinearity fibre," *Electron. Lett.*, vol.41, no.16, pp.49-50, 2005
- [14] J. H. Lee, T. Nagashima, T. Hasegawa, S. Ohara, N. Sugimoto, and K. Kikuchi, "Four-wave-mixing-based wavelength conversion of 40-Gb/s nonreturn-to-zero signal using 40-cm bismuth oxide nonlinear optical fiber," *IEEE Photonics Technol. Lett.*, vol.17, no.7, pp. 1474-1476, 2005
- [15] J. H. Lee, T. Tanemura, K. Kikuchi, T. Nagashima, T. Hasegawa, S. Ohara, and N. Sugimoto, "Experimental comparison of a Kerr nonlinearity figure of merit including the stimulated Brillouin scattering threshold for state-of-the-art nonlinear optical fibers," *Opt. Lett.*, vol.30, no.13, pp. 1698-1700, 2005
- [16] J. H. Lee and K. Kikuchi, "Experimental performance comparison for various continuous-wave supercontinuum schemes: ring cavity and single pass," *Opt. Express*, vol.13, no.13, pp.4848-4853, 2005
- [17] J. H. Lee, T. Tanemura, K. Kikuchi, T. Nagashima, T. Hasegawa, S. Ohara, and N. Sugimoto, "Use of 1-m Bi2O3 nonlinear fiber for 160-Gbit/s optical time-division demultiplexing based on polarization rotation and a wavelength shift induced by cross-phase modulation," *Opt. Lett.*, vol.30, no.11, pp.1267-1269, 2005
- [18] T. Sakamoto, and K. Kikuchi, "160-Gb/s operation of nonlinear optical loop-mirror with an optical bias controller," *IEEE Photonics Technol. Lett.*, vol.17, no.5, pp.1058-1060, 2005

- [19] T. Tanemura, J. Suzuki, K. Katoh, and K. Kikuchi, "Polarization-insensitive all-optical wavelength conversion using cross-phase modulation in twisted fiber and optical filtering," *IEEE Photonics Technol. Lett.*, vol.17, no.5, pp.1052-1054, 2005
- [20] Y. Ozeki, Y. Takushima, K. Aiso, and K. Kikuchi, "High repetition-rate similariton generation in normal dispersion Erbium-doped fiber amplifiers and its application to multi-wavelength light sources," *IEICE Trans. Electron.*, vol.E88-C, no.5, pp.904-911, 2005
- [21] J. H. Lee, K. Kikuchi, T. Nagashima, T. Hasegawa, S. Ohara, and N. Sugimoto, "All-fiber 80-Gbit/s wavelength converter using 1-m-long Bismuth Oxide-based nonlinear optical fiber with a nonlinearity  $\gamma$  of 1100  $W^{-1}km^{-1}$ ," *Opt. Express*, vol.13, no.8, pp. 3144-3149, 2005
- [22] J. H. Lee, T. Tanemura, and K. Kikuchi, "All-optical 80-Gb/s add-drop multiplexer using fiber-based nonlinear optical loop mirror," *IEEE Photonics Technol. Lett.*, vol.17, no.4, pp. 840-842, 2005
- [23] C.S. Goh, S.Y. Set, and K. Kikuchi, "Spectrum tuning of fiber Bragg grating by strain distributions and its applications," *IEICE Trans. Electron.*, vol.E88-C, no.3, pp.363-371, 2005
- [24] Y. Takushima, K. Yasunaka, Y. Ozeki, and K. Kikuchi, "87 nm bandwidth noise-like pulse generation from erbium-doped fibre laser," *Electron. Lett.*, vol.41, no.7, pp.399-400, 2005
- [25] J.Suzuki, T.Tanemura, K.Taira, Y.Ozeki, and K.Kikuchi, "All-optical regenerator using wavelength shift induced by cross-phase modulation in highly nonlinear dispersion-shifted fiber," *IEEE Photonics Technol. Lett.*, vol.17, no.2, pp.423-425, 2005
- [26] Y.Ozeki, Y.Takushima, K.Aiso, K.Taira, and K.Kikuchi, "Generation of 10 GHz similariton pulse trains from 1.2 km-long erbium-doped fibre amplifier for application to multi-wavelength pulse source," *Electron. Lett.*, vol.40, no.18, pp.1103-1104, 2004
- [27] T. Tanemura, Y. Ozeki, and K. Kikuchi, "Modulation instability and parametric amplification induced by loss dispersion in optical fibers," *Phys. Rev. Lett.*, vol.93, no.16, pp.163902-1 - 163902-4, 2004
- [28] 菊池, 種村, "光ファイバ中の四光波混合効果を用いた波長変換," *レーザー研究*, vol.32, no.8, pp.505-511, 2004
- [29] J. Suzuki, K. Taira, Y. Fukuchi, Y. Ozeki, T. Tanemura, and K. Kikuchi, "All-optical time-division add-drop multiplexer using optical fibre Kerr shutter," *Electron. Lett.*, vol.40, no.7, pp. 445-446, 2004
- [30] T. Sakamoto, A. Okada, O. Moriwaki, M. Matsuoka, and K. Kikuchi, "Performance analysis of variable optical delay circuit using highly nonlinear fiber parametric wavelength converters," *J. Lightwave Technol.*, vol.22, no.3, pp.874-881, 2004
- [31] T. Tanemura, C.S. Goh, K. Kikuchi, and S.Y. Set, "Highly efficient arbitrary wavelength conversion within entire C-band based on nondegenerate fiber four-wave mixing," *IEEE Photonics Technol. Lett.*, vol.16, no.2, pp.551-553, 2004
- [32] C.S. Goh, S.Y. Set, and K. Kikuchi, "Design and fabrication of a tunable dispersion-slope compensating module based on strain-chirped fiber Bragg gratings," *IEEE Photonics Technol. Lett.*, vol.16, no.2, 524-526, 2004
- [33] T. Sakamoto and K. Kikuchi, "Nonlinear optical loop mirror with an optical bias controller for achieving full-swing operation of gate switching," *IEEE Photonics Technol. Lett.*, vol.16, no.2, 545-547, 2004
- [34] T. Sakamoto, K. Seo, K. Taira, N. S. Moon, and K. Kikuchi, "Polarization-insensitive all-optical time-division demultiplexing using a fiber four-wave mixer with a peak-holding optical phase-locked loop," *IEEE Photonics Technol. Lett.*, vol.16, no.2, 563-565, 2004
- [35] K. Taira and K. Kikuchi, "Picosecond pulse generation with a high extinction ratio employing an electroabsorption modulator, a fiber compressor, and a self-phase-modulation-based pulse reshaper," *Electron. Lett.*, vol.40, no.1, pp. 15-16, 2004
- [36] T. Tanemura and K. Kikuchi, "Unified analysis of modulational instability induced by cross-phase modulation in optical fibers," *J. Opt. Soc. Am. B*, vol.20, no. 12, pp. 2502-2514, 2003
- [37] T. Tanemura and K. Kikuchi, "Polarization-independent broad-band wavelength conversion using two-pump fiber optical parametric amplification without idler spectral broadening," *IEEE Photonics Technol. Lett.*, vol. 15, no. 11, pp.1573-1575, 2003
- [38] S. K. Khijwania, C. S. Goh, S. Y. Set, and K. Kikuchi, "A novel tunable dispersion slope compensator based on nonlinearly thermally chirped fiber Bragg grating," *Optics Communications*, vol.227, no.1-3, pp.107-113, 2003
- [39] K. Taira and K. Kikuchi, "Sub-picosecond pulse generation using an electroabsorption modulator and a double-stage pulse compressor," *IEEE Photonics Technol. Lett.*, vol.15, no.9, pp.1288-1290, 2003
- [40] P. Kaewplung, T. Angkaew, and K. Kikuchi, "Simultaneous suppression of third-order dispersion and sideband instability in single-channel optical fiber transmission by midway optical phase conjugation employing higher order dispersion management," *IEEE/OSA J. of Lightwave Technol.*, vol.21, no.6, pp.1465-1473, 2003

- [41] S. Y. Set, C.S. Goh, and K. Kikuchi, "Multi-gigahertz pulse train generation in a figure-8 laser incorporating a sampled fiber Bragg grating," *IEICE Trans. on Electron.*, vol.E86-C, no.5, pp.699-704, 2003
- [42] C.S. Goh, M.R. Mokhtar, S.A. Butler, S.Y. Set, K. Kikuchi, and M. Ibsen, "Wavelength tuning of fiber Bragg gratings over 90 nm using a simple tuning package," *IEEE Photonics Technol. Lett.*, vol.15, no.4, pp.557-559, 2003
- [43] Budiman Dabarsyah, C. S. Goh, S. K. Khijwania, S. Y. Set, K. Katoh, and K. Kikuchi, "Adjustable dispersion compensation devices with wavelength tunability based on enhanced thermal chirping of fiber Bragg gratings," *IEEE Photonics Technol. Lett.*, vol.15, no.3, pp.416-418, 2003
- [44] M.R. Mokhtar, C.S. Goh, S.A. Butler, S.Y. Set, K. Kikuchi, D.J. Richardson, and M. Ibsen, "Fibre Bragg grating compression-tuned over 110 nm," *Electron. Lett.*, vol.39, no.6, pp.509-511, 2003
- [45] N.S. Moon and K. Kikuchi, "NxN multiwavelength cross connect based on tunable fiber Bragg gratings," *IEEE/OSA J. Lightwave Technol.*, vol.21, no.3, pp.703-718, 2003
- [46] T. Sakamoto, A. Okada, O. Moriwaki, M. Matsuoka, and K. Kikuchi, "Variable optical delay circuit using highly nonlinear fibre parametric wavelength converters," *Electron. Lett.*, 2003, vol.39, no.2, pp.198-200, 2003
- [47] Y. Ozeki, K. Taira, K. Aiso, Y. Takushima, and K. Kikuchi, "Highly flat super-continuum generation from 2 ps pulses using 1 km-long erbium-doped fibre amplifier," *Electron. Lett.*, vol.38, no.25, pp.1642-1643, 2002
- [48] T. Sakamoto, Han Chuen Lim, and K. Kikuchi, "All-optical polarization-insensitive time-division demultiplexer using a nonlinear optical loop mirror with a pair of short polarization-maintaining fibers," *IEEE Photonics Technol. Lett.*, vol.14, no.12, pp.1737-1739, 2002
- [49] P. Kaewplung, T. Angkaew, and K. Kikuchi, "Complete analysis sideband instability in chain of periodic dispersion-managed fiber link and its effect on higher order dispersion-managed long-haul wavelength-division multiplexed systems," *IEEE/OSA J. Lightwave Technol.*, vol.20, no.11, pp.1895-1907, 2002
- [50] C.S. Goh, S.Y. Set, and K. Kikuchi, "Widely tunable optical filters based on fiber Bragg gratings," *IEEE Photonics Technol. Lett.*, vol.14, no.9, pp.1306-1308, 2002
- [51] T. Tanemura, Y. Takushima, and K. Kikuchi, "Narrowband optical filter, with variable transmission spectrum, using stimulated Brillouin scattering in optical fiber," *Opt. Lett.*, vol.27, no.17, pp.1552-1554, 2002
- [52] C.S. Goh, S.Y. Set, K. Taira, S.K. Khijwania, and K. Kikuchi, "Nonlinearly strain-chirped fiber Bragg grating with an adjustable dispersion slope," *IEEE Photonics Technol. Lett.*, vol.14, no.5, pp.663-665, 2002
- [53] K. Kikuchi, K. Taira, and N. Sugimoto, "Highly-nonlinear Bismuth Oxide-based glass fibres for all-optical signal processing," *Electron. Lett.*, vol.38, no.4, pp.166-167, 2002
- [54] M. Ibsen, S. Y. Set, C. S. Goh, and K. Kikuchi, "Broad-band continuously tunable all-fiber DFB lasers," *IEEE Photonics Technol. Lett.*, vol.14, no.1, pp.21-23, 2002
- [55] N. S. Moon and K. Kikuchi, "NxN optical cross-connect based on tunable fibre Bragg gratings with high channel scalability," *Electron. Lett.*, vol.37, no.23, pp.1402-1404, 2001
- [56] T. Tanemura, H. C. Lim, and K. Kikuchi, "Suppression of idler spectral broadening in highly efficient fiber four-wave-mixing by binary-phase-shift keying modulation of pump wave," *IEEE Photonics Technol. Lett.*, vol.13, no.12, pp.1328-1330, 2001
- [57] T. Sakamoto, F. Futami, K. Kikuchi, S. Takeda, Y. Sugaya, and S. Watanabe, "All-optical wavelength conversion of 500-fs pulse trains by using nonlinear-optical loop mirror composed of a highly nonlinear dispersion-shifted fiber," *IEEE Photonics Technol. Lett.*, vol.13, no.5, pp.502-504, 2001
- [58] H.C. Lim and K. Kikuchi, "A filter-free scheme for orthogonally pumped polarization-insensitive optical phase conjugation of broad-band optical signals," *IEEE Photonics Technol. Lett.*, vol.13, no.5, pp.481-483, 2001
- [59] P. Kaewplung, T. Angkaew, and K. Kikuchi, "Feasibility of 100-Gbit/s 10000-km single-channel optical transmission by midway optical phase conjugation incorporated with third-order dispersion compensation," *IEEE Photonics Technol. Lett.*, vol.13, no.4, pp.293-295, 2001

国際会議発表

75 件

国内学会発表

53 件