

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3747241号
(P3747241)

(45) 発行日 平成18年2月22日(2006.2.22)

(24) 登録日 平成17年12月9日(2005.12.9)

(51) Int. Cl.

F I

G O 2 F 2/02 (2006.01)

G O 2 F 2/02

G O 2 F 1/035 (2006.01)

G O 2 F 1/035

G O 2 B 6/293 (2006.01)

G O 2 B 6/28 B

請求項の数 8 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2002-8670 (P2002-8670)
 (22) 出願日 平成14年1月17日(2002.1.17)
 (65) 公開番号 特開2003-207812 (P2003-207812A)
 (43) 公開日 平成15年7月25日(2003.7.25)
 審査請求日 平成14年1月17日(2002.1.17)

(73) 特許権者 301022471
 独立行政法人情報通信研究機構
 東京都小金井市貫井北町4-2-1
 (74) 代理人 100082669
 弁理士 福田 賢三
 (74) 代理人 100095337
 弁理士 福田 伸一
 (74) 代理人 100061642
 弁理士 福田 武通
 (72) 発明者 川西 哲也
 東京都小金井市貫井北町4-2-1 独立
 行政法人通信総合研究所内
 (72) 発明者 井筒 雅之
 東京都小金井市貫井北町4-2-1 独立
 行政法人通信総合研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 可変光遅延装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光の入力部と出力部とを備え、

濾波器と、入力する光信号に応じてシフト量を調整することのできる波長シフトと、該波長シフトを含むループ状の光路が、入力部から出力部に至る光路上に設けられており、上記の波長シフトは、入力する光信号に応じてシフト量を調整することのできる波長シフトであり、

上記のループ状の光路は、上記の濾波器で反射した光を上記の波長シフトに入力し、該波長シフトの出力を上記の濾波器に入力することで形成される光路であり、

入力された光信号は、濾波器を通じて波長シフトを含むループ状の光路に入り、該ループ状の光路を巡回した後、上記の濾波器を、あるいは他の濾波器を通じて上記の出力部に至る構成を備えることを特徴とする可変光遅延装置。

10

【請求項2】

光の入力部と出力部とを備え、

濾波器と、入力する光信号に応じてシフト量を調整することのできる波長シフトと、該波長シフトを含む往復型の光路が、入力部から出力部に至る光路上に設けられており、

上記の波長シフトは、入力する光信号に応じてシフト量を調整することのできる波長シフトであり、

上記の往復型の光路は、入力された光信号を、波長シフトを挟みこむように配置した複数の濾波器間で反射させて往復させることにより、入力する光信号に応じて決められた回

20

数にわたり上記の波長シフトを通過させることで形成される光路であり、

入力された光信号が、上記の往復型の光路を往復してから上記の出力部に至る構成であることを特徴とする可変光遅延装置。

【請求項 3】

光の入力部と出力部とを備え、

濾波器と、入力する光信号に応じてシフト量を調整することのできる波長シフトと、該波長シフトを含む往復型の光路が、入力部から出力部に至る光路上に設けられており、

上記の波長シフトは、入力する光信号に応じてシフト量を調整することのできる波長シフトであり、

上記の往復型の光路は、入力された光信号を、波長シフトを挟みこむように配置した濾波器と反射器とでそれぞれ反射されることにより、前記の濾波器と反射器と間を往復させて、入力する光信号に応じて決められた回数にわたり波長シフトを通過させることで形成される光路であり、

10

入力された光信号が上記の往復型の光路を往復してから上記の出力部に至る構成であることを特徴とする可変光遅延装置。

【請求項 4】

上記の波長シフトは光変調器であることを特徴とする請求項 1、2 あるいは 3 に記載の可変光遅延装置。

【請求項 5】

入力された光信号は、第 1 のサーキュレータ、濾波器、第 2 のサーキュレータを通じて

20

上記のループ状の光路に導かれ、

前記のループ状の光路から出力する際には、第 2 のサーキュレータ、濾波器、第 1 のサーキュレータを通じて出力されることを特徴とする請求項 1 に記載の可変光遅延装置。

【請求項 6】

上記の光シフトは、光 SSB 変調器であることを特徴とする請求項 1、2、3、5 のいずれかに記載の可変光遅延装置。

【請求項 7】

連続した光路上に請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の可変光遅延装置を複数設けた装置で、それぞれの最小遅延時間が、N を 2 以上の整数として、N 進法の異なる桁に相当するように構成したことを特徴とする可変光遅延装置。

30

【請求項 8】

連続した光路上に請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の可変光遅延装置を複数設けた装置で、それぞれの波長シフトのシフト量の和が零であることを特徴とする可変光遅延装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、入力する光信号に応じて決められた遅延時間に従って光信号を遅延することのできる、可変光遅延装置に関するものである。

【0002】

40

【従来の技術】

光信号を遅延する時間を制御する方法としては、以下の方法が知られている。

1) 長さの異なる複数の光路を用意しておき、求められる遅延時間に応じて光路を選択する方法。

2) 光信号の周波数をシフトし、これを周波数分散特性のある光路を伝播させることにより遅延時間を制御する方法。

3) 光信号の周波数をシフトし、これを濾波器などの周波数分散特性のある反射器により光路を反射させて遅延時間を制御する方法。

4) 光信号を電気信号に変換し、電気信号として遅延時間を与えた後、再び光信号とする方法。

50

5) 巡回型光パケットバッファと呼ばれるものに使われる方法で、光入力部と光出力部との間に空間スイッチを配置し、空間スイッチの切り換えにより光増幅器を含むループ状の光ファイバ遅延装置を挿入接続する方法。

【 0 0 0 3 】

また、本願発明に類似のものとして、特開 2 0 0 1 - 2 0 9 0 8 2 号公報に開示された図 9 に示す光パケットバッファがあるが、これは、小型化および集積化を容易にし、発振による不安定性を解消するとともに、パケット長に制限のない非等長パケットにも対応できることを目的としたものである。この光パケットバッファにおいて、可変波長変換回路は、入力用光導波路から入力された光信号の波長を所定の波長に変換し、光カプラを介して遅延ループ光導波路に入力する。また、遅延ループ光導波路に入力された光信号は周回しながら、波長シフトで周回ごとに一定の波長だけシフトする。また、特定波長抽出回路は、波長シフトで順次波長がシフトしながら周回する光信号の中から非特定波長の光信号を通過(周回)させ、特定波長の光信号を分離して出力用光導波路に出力するものである。

10

【 0 0 0 4 】

上記の光パケットバッファは、例えば、入力用光導波路から入力された光パケットは、可変波長変換回路で所定の波長に変換され、光カプラを介して遅延ループ光導波路に入力され、また、遅延ループ光導波路には、通過する光パケットの波長をシフトする波長シフトと、特定波長以外の光パケットをポート a からポート b に通過させ、特定波長の光パケットをポート a からポート c に分離する特定波長抽出回路が挿入され、また、特定波長抽出回路から分離された光パケットは出力用光導波路から出力されるという構成をもったものである。ここで、入力用光導波路から入力された光パケットの波長を可変波長変換回路で設定することにより、特定波長抽出回路から分離される波長にシフトするまでの周回数(波長シフトの通過回数)が決まり、光パケットの遅延時間が決まる。

20

【 0 0 0 5 】

以上のことから、上記の光パケットバッファにおける遅延時間は、入力された光パケットの波長を遅延ループ光導波路に入る前に可変波長変換回路で設定するものであり、従って、光パケットの波長を変えるものとしては、可変波長変換回路と波長シフトとを用いている事が分かる。

【 0 0 0 6 】

30

【 発明が解決しようとする課題 】

上記で説明した様に、従来のループ状光路と波長シフトを用いた光信号の遅延装置では、複数の波長変換器を用いて、遅延時間を管理している。

【 0 0 0 7 】

この発明は上記に鑑み提案されたもので、単一の波長変換器とループ状光路とを用いて、入力する光信号に応じて遅延量を調整することのできる可変光遅延装置を実現することを目的とする。

【 0 0 0 8 】

【 課題を解決するための手段 】

上記目的を達成するために、本発明は、可変光遅延装置に関してあり、光の入力部と出力部とを備え、光フィルタと、入力する光信号に応じてシフト量を調整することのできる波長シフトとが、該入力部から出力部に至る光路上に設けられており、入力された光信号は、入力する光信号に応じて決められた回数波長シフトを通過してから上記の出力部に至る構成を備えることを特徴としている。

40

【 0 0 0 9 】

また、本発明は、上記の発明に加え、入力された光信号が、入力する光信号に応じて決められた回数にわたり波長シフトを通過してから上記の出力部に至る構成は、光変調器を挟みこむように配置した複数の濾波器を含む構成であることを特徴としている。

【 0 0 1 0 】

また、本発明は、上記の発明に加え、入力された光信号が、入力する光信号に応じて決

50

められた回数波長シフトを通過してから上記の出力部に至る構成は、光変調器を挟みこむように配置した濾波器と反射器とを含む構成であることを特徴としている。

【 0 0 1 1 】

また、本発明は、上記の発明に加え、入力された光信号が、入力する光信号に応じて決められた回数波長シフトを通過してから上記の出力部に至る構成は、上記の入力部から出力部に至る光路の一部がループ光路であり、前記ループ光路上に設けられた光変調器と、上記の入力部から前記ループ光路に至る光路上に第 1 の濾波器が設けられた構成と、前記ループ光路から上記の出力部に至る光路上に第 1 の濾波器あるいはそれとは異なる第 2 の濾波器が設けられた構成とを備えることを特徴としている。

【 0 0 1 2 】

また、本発明は、上記の発明に加え、上記の第 1 の濾波器の両端の少なくともいずれか一方の光路上にサーキュレータが設けられており、前記サーキュレータにより光路を転向する構成となっていることを特徴としている。

10

【 0 0 1 3 】

また、本発明は、上記の発明の構成に加えて、上記の光変調器は、共振型の光変調器であることを特徴としている。

【 0 0 1 4 】

また、本発明は、上記の発明の構成に加えて、上記の光変調器は、光 S S B 変調器であることを特徴としている。

【 0 0 1 5 】

また、本発明は、例えば 1 0 進法それぞれの桁に応じた設定ができるようにするために、連続した光路上に上記の発明のいずれかに記載の可変光遅延装置を複数設けた装置で、お互いの遅延時間が異なることを特徴としている。

20

【 0 0 1 6 】

また、本発明は、連続した光路上に上記のいずれかに記載の可変光遅延装置を複数設けた装置で、入信号と出力信号の周波数が同じになるようにするために、それぞれの波長シフトのシフト量の和が零であることを特徴としている。

【 0 0 1 7 】

【 発明の実施の形態 】

以下にこの発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお以下の説明においては、特別に区別する必要のある場合を除き、同様の機能をもつものについては、同じ符号を用いるものとする。

30

【 0 0 1 8 】

【 実施例 】

[実施例 1]

図 1 は、ループ光路（周囲長 = 2 0 m）を用いて構成した可変光遅延装置の第 1 の実施例を示す図である。入力した光信号（波長 = 1 5 4 9 . 8 n m）は光路 1 を通ってサーキュレータ 2 - 1 に至り、サーキュレータ 2 - 1 により、光路 3 に振り向けられる。光路 3 には濾波器として F B G（ファイバブラッググレーティング、反射帯域幅 = 1 5 5 0 ~ 1 5 5 1 n m の 2 n m = 2 5 0 G H z）4 を設置してある。ここで、入力する光信号については、F B G 4 で反射される周波数より僅かに低い（高い）周波数にしておくことが必要である。F B G 4 を通過した光信号は、サーキュレータ 2 - 2 により、ループ光路 5 に振り向けられる。ループ光路 5 上には、光変調器として光 S S B 変調器 6 が設けられている。

40

【 0 0 1 9 】

因みに、光 S S B 変調器については、文献 1（下津 他 3 名、“集積型 L N 変調器を用いた光 S S B 変調”、信学技報、OEIC. OPE2000-37, LQE2000-31(2000-07), 29-34, 2000）に詳しく報告されている。

【 0 0 2 0 】

この光 S S B 変調器 6 には、高周波発振器 9 から高周波電気信号が供給される。この高

50

周波電気信号の周波数は、光信号に応じた電気信号が配線 20 を通じて高周波発振器 9 に供給されることにより決められる。この変調器により、入力された光信号は、図 8 に示す様に、高周波発振器 9 の発振周波数 ($50 \text{ GHz} = 0.40 \text{ nm}$) だけ周波数が増加 (あるいは減少) する。波長シフトを受けた光信号は、光増幅器としての E D F A (エルビウムをドープしたファイバー型の増幅器) 7 により増幅され、サーキュレータ 2 - 2 に戻る。このサーキュレータ 2 - 2 により、F B G 4 に振り向けられるが、F B G 4 で反射される周波数帯にシフトされた光信号は、再びループ光路 5 に戻り、さらに周波数シフトを受ける。この周波数シフトは、光信号が F B G 4 を透過できる様になるまで 6 回おこなわれる。F B G 4 を透過した光信号は、サーキュレータ 2 - 1 により、光路 1 に戻り、出力される。これにより 1200 ns の遅延が実現できる。ここで、高周波発振器 9 の発振周波数を 40 GHz にすることにより、光信号は、ループ光路を 7 回周回するので、 1400 ns の遅延を実現できる。この例から分かる様に、実現できる遅延値には、それぞれの装置に固有の刻みがある。

10

【 0 0 2 1 】

[実施例 2]

図 2 は、図 1 のループ光路にさらに遅延用のループ光路をつけて構成した可変光遅延装置 200 と、図 1 のループ光路をもった可変光遅延装置 100 を光路 1 について直列に配置して構成した第 2 の実施例を示す図である。ここで、可変光遅延装置 200 における光遅延の刻みは、可変光遅延装置 100 における光遅延の刻みの整数倍にしておくことが望ましい。例えば 10 倍にしておき、これらの刻みを選択することにより、容易に 2 桁の数値で表現される任意の遅延を実現できる。

20

【 0 0 2 2 】

[実施例 3]

上記の実施例 1 で出力される光信号の周波数は、入力した光信号のそれとは異なっている。このような違いを無くして、入力した光信号と同じ周波数で光信号を出力することもできる。このための構成を図 3 に示す。図 3 は、図 1 のループ光路と同じループ光路をもち、光 S S B 変調器 6 - 1 が光信号の周波数を増加させる可変光遅延装置 100 と、図 1 のループ光路と同じループ光路をもっているが光 S S B 変調器 6 - 2 が光信号の周波数を減少させる可変光遅延装置 300 とが光路 1 について直列に配置された構成を持つ構成を示している。変調周波数は同じなので、可変光遅延装置 100 で増加した光周波数は、可変光遅延装置 300 で同じ周波数分低減され、入力した光信号の周波数と同じ周波数の光信号が出力される。

30

【 0 0 2 3 】

[実施例 4]

上記の実施例では、ループ光路を用いた例を示したが、ループ光路を用いなくても光遅延装置を実現できる。図 4 は、濾波器である 2 つの F B G とそれに挟まれた光 S S B 変調器により構成した可変光遅延装置のブロック図である。この図において、入力した光信号 (波長 = 1549.8 nm) は、光路 1 により濾波器である F B G (反射帯域幅 = $1550 \sim 1551 \text{ nm}$ の $2 \text{ nm} = 250 \text{ GHz}$) 4 - 1 を透過する。ここで、入力する光信号については、F B G 4 - 1 で反射される周波数より僅かに低い (高い) 周波数にしておくことが必要である。F B G 4 - 1 を通過した光信号は、光変調器として光 S S B 変調器 6 により波長シフトを受け、F B G 4 - 1 と同じ特性の F B G 4 - 2 に入射するが、反射帯域幅内にあるので、反射され、再び波長シフトを受けて F B G 4 - 1 に入射する。ここで、反射帯域幅内であれば、再び反射される。同様な動作を繰り返して、光信号の波長が、反射帯域幅外になった時に F B G 4 - 1 あるいは F B G 4 - 2 を透過する。ここで、光の波長を高くシフトする設定のときには、反射帯域幅について、F B G 4 - 1 を F B G 4 - 2 よりも 1 回の波長シフト分以上、短波長側にずらしておくことが望ましい。また、逆に、光の波長を低くシフトする設定のときには、1 回の波長シフト分以上長波長側にずらしておくことが望ましい。

40

【 0 0 2 4 】

50

[実施例 5]

出力される光信号の周波数を、入力した光信号のそれと同じになるように構成した可変光遅延装置の第 5 の実施例を示す図である。図 5 における光 S S B 変調器 6 - 1 が光信号の周波数を増加させ、光 S S B 変調器 6 - 2 が光信号の周波数を減少させる構成をもっている。変調周波数は同じなので、入力した光信号の周波数と同じ周波数の光信号が出力される。

【 0 0 2 5 】

[実施例 6]

実施例 2 と同じ意図のもとで構成された可変光遅延装置で、操作により光強度が減少することを防止するために、S O A (半導体光増幅器) を用いて増幅することもおこなっている。図 6 は、F B G 4 - 1、S O A 1 0 - 1、光 S S B 変調器 6 - 1、および F B G 4 - 2 で構成された第 1 の可変光遅延器部分と、F B G 4 - 2、光 S S B 変調器 6 - 2、S O A 1 0 - 2、および F B G 4 - 3 で構成された第 2 の可変光遅延器部分における光遅延の刻みを異なるものとした可変光遅延装置を示している。実施例 2 と同様に、例えば第 1 の可変光遅延器部分における光遅延の刻みを第 2 の可変光遅延器部分における光遅延の刻みの整数倍にしておくことが望ましい。例えば 3 倍にしておくことにより、容易に 3 進法での 2 桁の数値で表現される任意の遅延を実現できる。

【 0 0 2 6 】

[実施例 7]

上記の実施例の他に、ループ光路を用いずに光遅延装置を構成することができる。図 7 R > 7 は、濾波器である F B G と反射器 1 1 とに挟まれた光 S S B 変調器により構成した可変光遅延装置のブロック図である。この図において、入力した光信号 (波長 = 1 5 4 9 . 8 n m) は、光路 1 を通ってサーキュレータ 2 に至り、サーキュレータ 2 により、光路 3 に振り向けられる。光路 3 には濾波器として F B G (反射帯域幅 = 1 5 5 0 ~ 1 5 5 1 n m の 2 n m = 2 5 0 G H z) 4 を設置してある。F B G 4 を通過した光信号は、光 S S B 変調器 6 により波長シフトを受け、反射して戻るときに再び波長シフトを受ける。再び F B G 4 に入射するが、反射帯域幅内にあるので、反射され、再び波長シフトを受けて F B G 4 に入射する。ここで、反射帯域幅内にあれば、再び反射される。同様な動作を繰り返して、光信号の波長が、反射帯域幅外になった時に F B G 4 を透過し、サーキュレータ 2 に至って光路 1 に戻り出力される。

【 0 0 2 7 】

上記の説明においては、波長シフタとして光 S S B 変調器を用いたが、これに限定されるべき理由はなく、音響光学素子も波長シフタとして用いることができることは明らかである。

【 0 0 2 8 】

次に、図 1 0 に示す構成で行った遅延量の制御を確認するための基礎実験について説明する。入力光の一部がループ入り口の F B G で反射されるので、測定系 (P D (光検出器) または光スペクトラムアナライザ) の前に F B G を挿入して、その影響を抑えた。入力光を 2 5 0 k H z でデューティ比 = 2 0 % のパルスで強度変調し、その時間波形からループでの遅延量の変化を確認した。

【 0 0 2 9 】

その結果を、図 1 1 あるいは図 1 2 に、2 n d、3 r d、4 t h、5 t h、6 t h、7 t h チャネル出力光のスペクトル、時間波形をそれぞれ示す。ここで、2 n d とは、ループを 2 周して出力した信号を意味し、以下同様である。光 S S B 変調器に供給する R F 信号の周波数 f_m が 1 8 . 0 0 G H z、1 1 . 0 0 G H z、8 . 0 0 G H z、6 . 4 0 G H z、5 . 2 5 G H z、4 . 4 5 G H z のときにそれぞれ 2 n d、3 r d、4 t h、5 t h、6 t h、7 t h チャネル出力が得られた。入力光の波長は 1 5 5 1 . 4 3 n m である。図 1 1 に示すように、 $f_m = 1 8 . 0 0 G H z$ の場合、1 5 5 1 . 1 5 n m に最大のピークがあり、これが 2 n d チャネルに相当する。同様に、 $f_m = 1 1 . 0 0 G H z$ の場合に 1 5 5 1 . 1 7 n m に 3 r d チャネルに相当するピークが見られる。 $f_m = 8 . 0 0 G H$

z、6.40 GHz、4.25 GHz、4.45 GHz の場合にはそれぞれ 1551.2 nm 付近に 4 th、5 th、6 th、7 th チャンネルに相当するピークが見られる。図 12 に示した時間波形では各チャンネルで遅延量が 350 ns ずつ異なっていて、RF 信号周波数 f_m により遅延量が制御できることが確認できた。遅延量より光ループの光路長は 70 m 程度であることがわかる。ループ 1 周の遅延時間よりも長いパルスが扱えるのは、光 SSB 変調器で光周波数がシフトし異なるチャンネルに移行するので、衝突が避けられることによる。

【0030】

【発明の効果】

この発明は、この発明は上記した構成からなるので、以下に説明するような効果を奏することができる。

10

【0031】

本発明では、光の入力部と出力部とを備え、濾波器と、入力する光信号に応じてシフト量を調整することのできる波長シフタとが、該入力部から出力部に至る光路上に設けられており、入力された光信号は、入力する光信号に応じて決められた回数にわたり波長シフタを通過してから上記の出力部に至る構成としたので、光信号ごとに遅延時間を管理することができる。

【0032】

同様に本発明では、簡単な構成で、入力する光信号に応じて遅延量を調整することができる。

20

【0033】

また、本発明では、波長シフタに光変調器を用いたので、装置をコンパクトに構成することができる。

【0034】

また、本発明は、サーキュレータを用いて光回路を実現した。

【0035】

また、本発明では、変調器として光 SSB 変調器を用いたので、効率的な変調ができる。

【0036】

また、本発明では、遅延時間の刻みを、N 進法表現できるように設けた可変光遅延装置を直列に接続した構成にしたので、多様な遅延時間の設定が可能である。

30

【0037】

また、本発明では、波長シフタのシフト量の和が零である様にするにより、入力光と同じ周波数の光を出力できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 ループ光路を用いて構成した可変光遅延装置の第 1 の実施例を示すブロック図である。

【図 2】 可変光遅延装置を直列に配置して構成した第 2 の実施例を示すブロック図である。

【図 3】 入力した光信号と同じ周波数で光信号を出力することもできる第 3 の実施例を示すブロック図である。

40

【図 4】 濾波器である 2 つの FBG とそれに挟まれた光 SSB 変調器により構成した第 4 の実施例を示すブロック図である。

【図 5】 入力と出力の光信号の周波数が同じになるように構成した第 5 の実施例を示すブロック図である。

【図 6】 可変光遅延装置を直列に配置して構成し、光強度が減少することを防止するために、SOA (半導体光増幅器) を用いた第 6 の実施例を示すブロック図である。

【図 7】 濾波器である FBG と反射器とに挟まれた変調器により構成した第 7 の実施例を示すブロック図である。

【図 8】 光 SSB 変調器の動作を示す図である。

50

【 図 9 】 従来例である光パケットバッファを示すブロック図である。

【 図 10 】 基礎実験の配置を示すブロック図である。

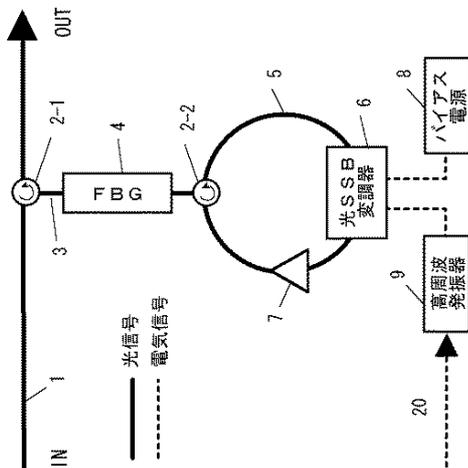
【 図 11 】 基礎実験で得られた出力光スペクトルを示す図である。

【 図 12 】 基礎実験で得られた出力光の時間波形を示す図である。

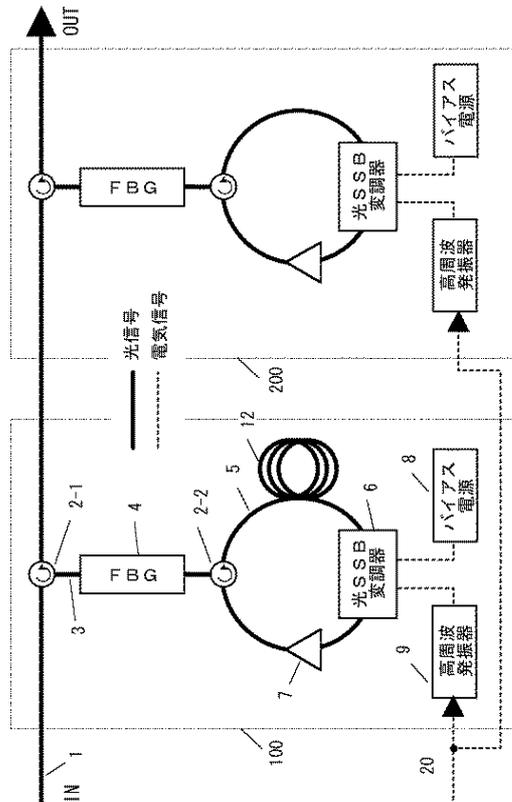
【 符号の説明 】

- 1 光路
- 2、2 - 1、2 - 2 サークュレータ
- 3 光路
- 4、4 - 1、4 - 2 , 4 - 3 FBG (ファイバブラッググレーティング)
- 5 ループ光路
- 6、6 - 1、6 - 2 光SSB変調器
- 7 EDFA (エルビウムをドープしたファイバー型の増幅器)
- 8 バイアス電源
- 9 高周波発振器
- 10、10 - 1、10 - 2 SOA (半導体光増幅器)
- 11 反射器
- 20 配線
- 100、200、300 可変光遅延装置

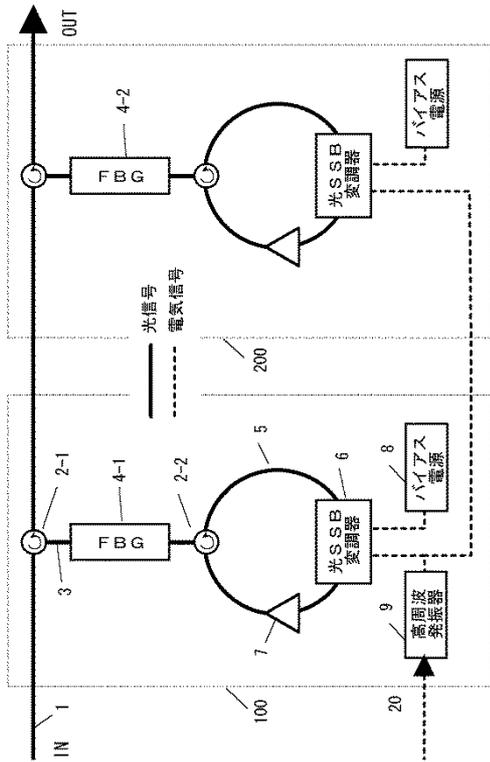
【 図 1 】



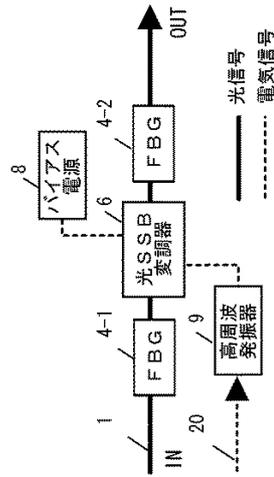
【 図 2 】



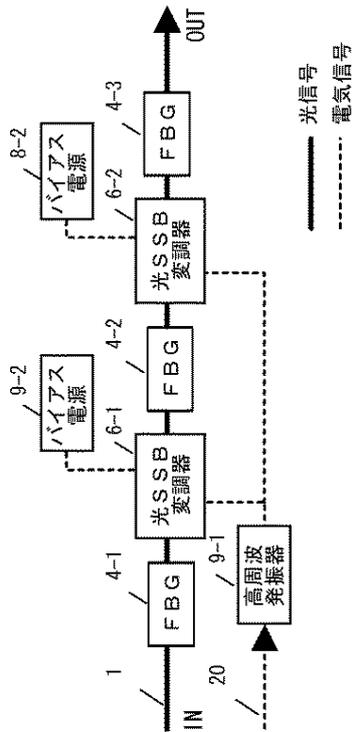
【 図 3 】



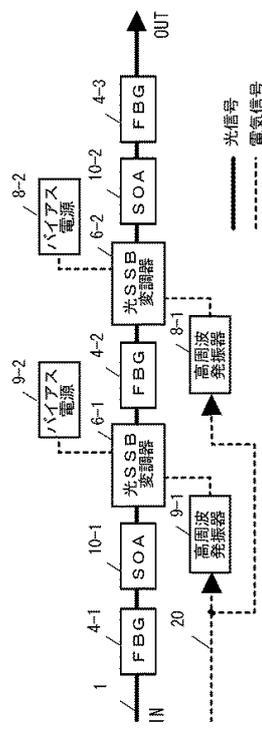
【 図 4 】



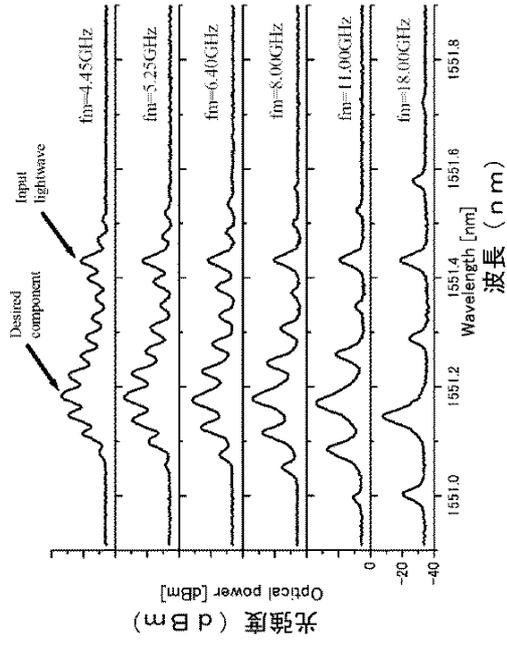
【 図 5 】



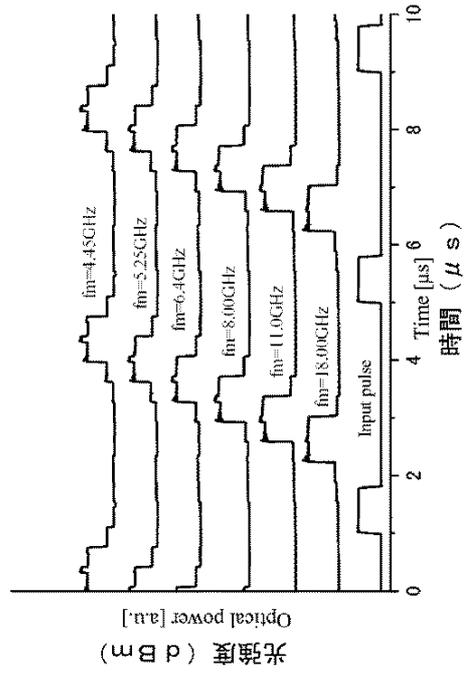
【 図 6 】



【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



フロントページの続き

審査官 河原 正

(56)参考文献 特開平08-262514(JP,A)
特開2001-209082(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02F 1/29-7/00

G02F 1/00-1/125

G02B 6/28

JICSTファイル(JOIS)