

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-237228

(P2010-237228A)

(43) 公開日 平成22年10月21日(2010.10.21)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO1J 3/42 (2006.01)	GO1J 3/42 U	2G020
GO1N 21/35 (2006.01)	GO1N 21/35 Z	2G059

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2010-169672 (P2010-169672)	(71) 出願人	000002185 ソニー株式会社 東京都港区港南1丁目7番1号
(22) 出願日	平成22年7月28日 (2010.7.28)	(74) 代理人	100082740 弁理士 田辺 恵基
(62) 分割の表示	特願2008-53804 (P2008-53804) の分割	(72) 発明者	フロリアン フォルマネク 東京都港区港南1丁目7番1号ソニー株式会社内
原出願日	平成20年3月4日 (2008.3.4)	(72) 発明者	ブルン マルクオレル 東京都港区港南1丁目7番1号ソニー株式会社内
		Fターム(参考)	2G020 CA02 CA14 CB04 CB23 CD03 CD13 CD22 CD35 2G059 EE12 GG01 GG08 HH01 HH06 JJ17 JJ22 KK01 MM08 MM14

(54) 【発明の名称】 テラヘルツ分光装置

(57) 【要約】

【課題】 簡易な構成で試料を測定し得るテラヘルツ分光装置を提案する。

【解決手段】 超短パルス発振器を構成するゲインファイバから得られる光パルスをディテクタに導く光ファイバに対して負荷を与えて、ディテクタに対するパルス光の到達時間を遅延させる。またこの光ファイバを、時間遅延部から負荷が与えられた状態においてゲインファイバから出力されるパルス光のパルス幅の広がり相殺されるよう、該パルス光の中心波長を基準とする所定帯域での分散特性が互いに異なる光ファイバを連結して構成する。

【選択図】 図3

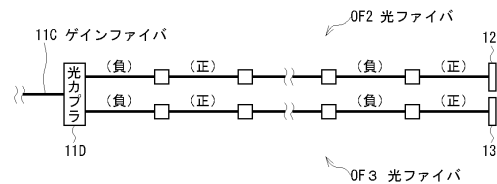


図3 異特質の光ファイバの連結による分散補償

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

超短パルス発振器を構成するゲインファイバから分配される第 1 の光ファイバと、  
上記第 1 の光ファイバを通じて導かれるパルス光を用いてテラヘルツ波を発生するエミッタと、

上記ゲインファイバ又は上記光ファイバから分配される第 2 の光ファイバと、  
上記第 2 の光ファイバを通じて導かれるパルス光を用いてテラヘルツ波を検出するディテクタと、

上記第 2 の光ファイバに対して負荷を与えて、上記ディテクタに対するパルス光の到達時間を遅延させる時間調整部と

を有し、

上記第 2 の光ファイバは、

上記時間遅延部から負荷が与えられた状態において上記ゲインファイバから出力されるパルス光のパルス幅の広がり相殺されるよう、該パルス光の中心波長を基準とする所定帯域での分散特性が互いに異なる光ファイバを連結して構成される

テラヘルツ分光装置。

**【請求項 2】**

上記時間調整部は、

上記第 1 の光ファイバよりも上記第 2 の光ファイバが低温となる状態で維持されるよう  
上記第 2 の光ファイバに対して負荷を与える

請求項 1 に記載のテラヘルツ分光装置。

**【請求項 3】**

上記時間調整部は、

上記第 2 の光ファイバの外周面の全部又は一部を覆う部材と、

上記部材を介して上記第 2 の光ファイバに対して与えるべき付加を調整する負荷調整部と

を有する請求項 2 に記載のテラヘルツ分光装置。

**【請求項 4】**

上記時間調整部が与えるべき負荷を、上記ディテクタに対するパルス光の到達時間を切り換えるために選択させる選択手段

を有する請求項 3 に記載のテラヘルツ分光装置。

**【請求項 5】**

上記第 1 の光ファイバは、

上記ゲインファイバから出力されるパルス光のパルス幅の広がり相殺されるよう、該パルス光の中心波長を基準とする所定帯域での分散特性が互いに異なる光ファイバを連結して構成される

を有する請求項 4 に記載のテラヘルツ分光装置。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、おおよそ  $0.1 \times 10^{12}$  [Hz] ~  $100 \times 10^{12}$  [Hz] 帯域の電磁波（テラヘルツ波）を用いる技術に関するものである。

**【背景技術】****【0002】**

従来、テラヘルツ波を発生又は検出するものとして、テラヘルツ時間領域分光法（THz-TDS: Terahertz Time-Domain Spectroscopy）がある。テラヘルツ時間領域分光法は、100フェムト秒程度の超短パルスのテラヘルツ波を用いる等といった要因により試料のイメージングに適していることが知られており、工業、医療、バイオ、農業又はセキュリティなどの様々な技術分野において注目されている。

**【0003】**

10

20

30

40

50

このテラヘルツ時間領域分光法では、超短レーザ光源からのパルス光がポンプ光及びプローブ光に分光され、ポンプ光はテラヘルツ波発生素子に集光される。これによりテラヘルツ波発生素子ではサブピコ秒程度の電流又は電気分極が生成され、当該時間微分に比例した電界振幅をもつテラヘルツ波が発生する。このテラヘルツ波は、光学系を介してテラヘルツ波検出素子に集光される。このとき、テラヘルツ波検出素子にプローブ光が照射されると、キャリアが生成され、テラヘルツ波の電場によって加速されて電気信号となる。プローブ光がテラヘルツ波検出素子に到達するタイミングをずらすことによって、テラヘルツ波の振幅電場の時間波形を測定し、該時間波形をフーリエ変換することによってテラヘルツ波のスペクトルを得ることができる。

【0004】

10

ところで、このテラヘルツ時間領域分光法を適用した装置において、ビームスプリッタからテラヘルツ波発生素子までのポンプ光の光経路と、該ビームスプリッタから時間遅延部までのプローブ光の光経路とを光ファイバとしたものが提案されている（例えば特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】WO 01/06915

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0006】

近年では、ファイバレーザにおけるPBSや波長板、コリメートレンズなどの空間光学部品の一部を光ファイバとして、ファイバレーザの小型化を図る等といったことが提案されており、テラヘルツ分野でも小型化の要請が強い傾向にある。しかしながら、かかる装置は、ファイバレーザからビームスプリッタまでパルス光を導くための光学レンズ群を要することとなり大型化の傾向にある。

本発明は以上の点を考慮してなされたもので、簡易な構成で試料を測定し得るテラヘルツ分光装置を提案しようとするものである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

30

かかる課題を解決するため本発明は、テラヘルツ分光装置であって、超短パルス発振器を構成するゲインファイバから分配される第1の光ファイバと、第1の光ファイバを通じて導かれるパルス光を用いてテラヘルツ波を発生するエミッタと、ゲインファイバ又は光ファイバから分配される第2の光ファイバと、第2の光ファイバを通じて導かれるパルス光を用いてテラヘルツ波を検出するディテクタと、第2の光ファイバに対して負荷を与えて、ディテクタに対するパルス光の到達時間を遅延させる時間調整部とを有する。

第2の光ファイバは、時間遅延部から負荷が与えられた状態においてゲインファイバから出力されるパルス光のパルス幅の広がり相殺されるよう、該パルス光の中心波長を基準とする所定帯域での分散特性が互いに異なる光ファイバを連結して構成される。

【発明の効果】

40

【0008】

本発明によれば、超短パルス発振器から光学レンズを用いることなく光ファイバを通じてエミッタ・ディテクタにパルス光を導くことができるため、該光学レンズを用いる場合に比して小型化を実現できる。これに加えて、超短パルス発振器からエミッタ・ディテクタまでにわたってパルス光に対する自由空間での伝播を回避することができ、この結果、該パルス光の減衰等を低減する分だけ測定精度を向上することが可能となる。かくして簡易な構成で試料を測定し得るテラヘルツ分光装置を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本実施の形態によるテラヘルツ分光装置の全体構成を示す略線図である。

50

【図2】導波路の構成例を示す略線図である。

【図3】異特質の光ファイバの連結による分散補償の説明に供する略線図である。

【図4】光ファイバに対する温度可変による時間遅延調整の説明に供する略線図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下図面について本発明の一実施の形態を詳述する。

(1) テラヘルツ分光装置の全体構成

図1において、本実施の形態によるテラヘルツ分光装置10の全体構成を示す。このテラヘルツ分光装置10は、超短ファイバレーザ器11、エミッタ12、ディテクタ13及びコンピュータ14を含む構成とされる。

10

【0011】

超短ファイバレーザ器11は、例えば100[fs]程度のパルス幅、800[nm]程度の中心波長をもつパルス光を出射する。この超短ファイバレーザ器11は、固体チタンサファイアレーザに比べると、冷却が不要、安価、小型、パルスの発信効率が高いなどといった利点をもつ。

【0012】

超短ファイバレーザ器11から出射されるパルス光は、ポンプ光及びプローブ光として分離され、該ポンプ光はエミッタ12に導かれる。一方、プローブ光は、ポンプ光よりも到達時間が遅延されてディテクタ13に導かれる。

【0013】

20

エミッタ12は、ポンプ光の時間微分に比例した電界振幅をもつテラヘルツ波を発生する。このエミッタ12は、具体的には、例えば、Si、Ge又はGaAs等の光伝導膜と、該光伝導膜で励起される自由電子を加速させるための電極と、該電極にバイアス電圧を与える印加部とで構成される光伝導アンテナや、ZnTe等である非線形光学結晶膜などが適用される。

【0014】

ディテクタ13は、エミッタ12から発生し、試料SPLを經由(透過又は反射)したテラヘルツ波を検出する。すなわちディテクタ13は、試料SPLを經由したテラヘルツ波に応じた電場を発生し、このときポンプ光よりも到達時間が遅延されたプローブ光が与えられた場合、当該テラヘルツ波の電場強度の時間波形を示す信号を生成する。このディテクタ13は、具体的には、例えば、光伝導アンテナや非線形光学結晶膜などが適用される。

30

【0015】

コンピュータ14は、所定位置に対して測定対象とされる試料SPLが配された状態でディテクタ13から出力される信号と、該測定基準とされる試料SPLが配された状態でディテクタ13から出力される信号とを取得する。またコンピュータ14は、これら信号からテラヘルツ波の振幅情報と位相情報とを抽出し、当該抽出した振幅情報の差及び位相情報の差に基づいて測定対象とされる試料SPLに関する情報を取得する。このコンピュータ14は、振幅情報と位相情報とを同時に得ることができるので、遠赤外光を用いたフーリエ分光法と比べて測定精度が高い等の利点をもつ。

40

【0016】

(2) 導波路の構成

このテラヘルツ分光装置1では、超短ファイバレーザ器11からエミッタ12及びディテクタ13までの導波路が光ファイバとされる。

【0017】

ここで、導波路の具体的な構成例を図2に示す。この図2において、超短ファイバレーザ器11では、励起源11Aに対して、波長分割多重部11Bを通じてEr(Erbium)等の希土類元素が添加されたゲインファイバ11Cが接続され、該ゲインファイバ11Cの終端には光カプラ11Dの入力ポートが接続される。

【0018】

50

この光カプラ 11Dにおける第1の出力ポートに接続される光ファイバ OF 1はモードロックエレメント 11Eに接続される。このモードロックエレメント 11Eは、発信器の縦モードが同期されたパルス光を生成するとともに、当該モード同期を安定化させる機能をもつものである。

【0019】

また光カプラ 11Dにおける第2の出力ポートに接続される光ファイバ OF 2はエミッタ 12にまで引き回される。これによりゲインファイバ 11Cから出力されるパルス光は光カプラ 11Dにより分配されて直に光ファイバ OF 2に注入され、該光ファイバ OF 2を通じてエミッタ 12に導かれる。

【0020】

したがって、このテラヘルツ分光装置 1では、ゲインファイバ 11Cからエミッタ 12までにわたって、該ゲインファイバ 11Cから出力されるパルス光に対する自由空間での伝播が回避される。

【0021】

一方、光カプラ 11Dにおける第3の出力ポートに接続される光ファイバ OF 3はディテクタ 13にまで引き回される。これによりゲインファイバ 11Cから出力されるパルス光は光カプラ 11Dにより分配されて直に光ファイバ OF 3に注入され、該光ファイバ OF 3を通じてディテクタ 13に導かれる。

【0022】

したがって、このテラヘルツ分光装置 1では、ゲインファイバ 11Cからディテクタ 13までにわたって、該ゲインファイバ 11Cから出力されるパルス光に対する自由空間での伝播が回避される。

【0023】

ちなみに、ポートにおける光コネクタ CNの種類には、SC型、FC型、MU型、FC型又はSMA型などがあり、ファイバ形状に応じた型の光コネクタ CNが適宜選定される。また、光カプラ 11Dとして、光ファイバを融合することによりテーパ形状とした溶融型カプラを適用した場合、ゲインファイバ 11Cから出力されるパルス光を光ファイバ OF 2、OF 3に対して同時に伝達することが可能となる。この結果、ポンプ光に対するプローブ光の時間調整が容易となる。

【0024】

ところで、光ファイバは、波長に依存した屈折率の変化に基づいて光のパルス幅が広がるといった分散特性をもつことが知られており、該パルス幅の広がりには、一般には、プリズム、グレーティング、チャープミラー等の光学系で構成される分散補償部によって補償される。

【0025】

この実施の形態におけるテラヘルツ分光装置 1は、光学系で構成される分散補償部によって分散補償するのではなく、ゲインファイバ 11Cから出力されるパルス光のパルス幅の広がりが相殺されるように、該パルス光の中心波長を基準とした所定帯域において分散特性の異なる複数の光ファイバを連結した光ファイバ OF 2、OF 3によって分散補償するようになされている。

【0026】

具体例として図3に示すと、光ファイバ OF 2、OF 3における入力端及び出力端でのパルス光のパルス幅が一致した状態となるように、超短ファイバレーザ器 11におけるゲインファイバ 11Cから出力されるパルスの中心波長を基準とした帯域において正の群速度分散をもつ光ファイバ(図中、「(正)」と付記される太線部分)と、負の群速度分散をもつ光ファイバ(図中、「(負)」と付記される太線部分)とを光コネクタ(図中、四角で表記される部分)によって交互に連結する。

【0027】

なお、正の群速度分散をもつ光ファイバと、負群速度分散をもつ光ファイバとを同一長のものとして交互に連結する図3に例示した連結態様に限らず、連結された光ファイバ全

10

20

30

40

50

体としての分散が補償されるのであれば、ファイバ材料の特性やファイバ長、あるいは分散温度などを総合的に考慮して、様々な連結態様をとることが可能である。

【0028】

このようにこのテラヘルツ分光装置1は、分散特性の異なる複数の光ファイバを連結することによって、連結された光ファイバ全体としての分散を補償するので、物理的に独立した分散補償部を回避できるようになされている。

【0029】

(3) 時間調整部の構成

さらにこの実施の形態におけるテラヘルツ分光装置1では、ディテクタ13に対するプローブ光の到達時間を、リトロリフレクタ等の光学レンズを用いて構成される時間遅延部によって遅延させるのではなく、光ファイバOF3に対して温度負荷を与えることによって遅延させるようになされている。

10

【0030】

具体例として図4に示すように、コア及びグラッドにより形成される光ファイバOF3には、光ファイバOF3に対して力学的耐性、水分耐性をもたせるものとして、プラスチック材等の深層被覆部20Aと、ナイロン材等の表層被覆部20Bとでなる被覆部20が被覆され、該被覆部20の表層被覆部20Bの全部又は一部の周囲に対して、温度負荷供給部30が設けられる。この温度負荷供給部30は、コンピュータ14における負荷可変部14Aによって設定された温度負荷を与えて、光ファイバOF2によりも低温となる一定温度に維持するようになされている。

20

【0031】

このテラヘルツ分光装置1では、温度負荷供給部30によって一定に維持される温度において分散補償するように光ファイバOF3が連結された状態となっており、これにより温度負荷供給部30は時間遅延部として機能する結果、ゲインファイバ11Cから光カプラ14Dにより光ファイバOF3に分配されるパルス光(プローブ光)は、該光カプラ14Dにより光ファイバOF2に分配されるパルス光(ポンプ光)よりも遅延した状態でディテクタ13に到達することとなる。

【0032】

なお、図4には、便宜上、シングルモードの光ファイバを例示したが、マルチモードであっても同様にして遅延調整することが可能である。

30

【0033】

このようにこのテラヘルツ分光装置1は、ディテクタ13に対するプローブ光の到達時間を、光ファイバOF3に対して温度負荷を与えることによって遅延するので、物理的に独立した時間遅延部を回避できるようになされている。

【0034】

(4) 動作及び効果

以上の構成において、このテラヘルツ分光装置10は、超短ファイバレーザ器11におけるゲインファイバ11Cに対して、光カプラ11Dを介して直に光ファイバOF2を連結し、該光ファイバOF2を通じて、ゲインファイバ11Cから出力されるパルス光(ポンプ光)をエミッタ12に導く(図2)。

40

【0035】

したがってこのテラヘルツ分光装置10では、超短ファイバレーザ器11から光学レンズを用いることなく光ファイバOF2にパルス光(ポンプ光)を注入できるため、該光学レンズを用いる場合に比して小型化を実現できる。これに加えて、超短ファイバレーザ器11からエミッタ12までにわたってパルス光に対する自由空間での伝播を回避することができ、この結果、該パルス光の減衰等を低減する分だけ測定精度を向上することが可能となる。

【0036】

この実施の形態の場合、光ファイバOF2は、超短ファイバレーザ器11におけるゲインファイバ11Cから出力されるパルス光のパルス幅の広がり相殺されるように、該パ

50

ルス光の中心波長を基準とした所定帯域において分散特性の異なる複数の光ファイバを連結することによって構成される(図3)。

【0037】

したがってこのテラヘルツ分光装置10では、光学系等で構成される分散補償部を用いることなく分散補償できるため、該分散補償部を用いる場合に比して小型化を実現できる。これに加えて、光学系等で構成される分散補償部を適用する場合に比べると、メンテナンスを大幅に低減でき、またレーザの中心波長を変更したときの分散補償の調整が容易となる。

【0038】

さらにこの実施の形態の場合、テラヘルツ分光装置10は、光カプラ11Dを介して直に光ファイバOF3を連結し、該光ファイバOF3を通じて、ゲインファイバ11Cから出力されるパルス光(プローブ光)をディテクタ13に導く(図2)。またテラヘルツ分光装置10には、この光ファイバOF3の全部又は一部に対して、光ファイバOF2の温度状態よりも低温状態が維持されるように温度負荷を与える時間調整部(負荷供給部30及び負荷可変部14A)が設けられる(図4)。

10

【0039】

したがってこのテラヘルツ分光装置10では、超短ファイバレーザ器11から光学レンズを用いることなく光ファイバOF3にパルス光(プローブ光)を注入できるとともに、リトロリフレクタ等の光学レンズを用いることなくディテクタ13に対するパルス光(プローブ光)の到達時間を遅延できるため、該光学レンズを用いる場合に比して大幅に小型化を実現できる。これに加えて、超短ファイバレーザ器11からディテクタ13までにわたってパルス光に対する自由空間での伝播を回避することができ、この結果、該パルス光の減衰等を低減する分だけ測定精度を向上することが可能となる。

20

【0040】

以上の構成によれば、超短ファイバレーザ器11からエミッタ12及びディテクタ13までの導波路が光ファイバとしたことにより小型化し得るテラヘルツ分光装置10を実現できる。

【0041】

(5)他の実施の形態

上述の実施の形態においては、光ファイバOF3をゲインファイバ11Cから直に分配させるようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、該光ファイバOF2から分配させるようにしてもよい。例えば、光ファイバOF2の導波路上に光カプラ(又はスプリッタ)を設けるようにすれば、光ファイバOF3をゲインファイバ11Cから直に分配させる場合と同様の効果を得ることが可能である。

30

【0042】

また上述の実施の形態においては、光ファイバOF3を被覆する被覆部20の周囲に温度負荷供給部30を設けるようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、被覆部20における深層被覆部20Aの周囲に対して温度負荷供給部30を設けるようにしてもよく、また光ファイバOF3の周囲に対して直に温度負荷供給部30を設けるようにしてもよい。このようにすれば、被覆部20の全部又は一部を省略する分だけさらに小型化を実現できる。

40

【0043】

また、温度負荷を与える場所として光ファイバOF3としたが、該光ファイバOF3に代えて光ファイバOF2とするようにしてもよい。温度負荷場所を光ファイバOF2とする場合、例えば、コンピュータ14における負荷可変部14Aによって設定された温度負荷を与えて、光ファイバOF3に対して高温に維持すれば、上述の実施の形態の場合と同様の効果を得ることができる。つまり、光カプラ11D(光ファイバOF2の導波路上に光カプラを設けた場合には該光カプラ)からエミッタ12までの導波路の到達時間よりも、当該ディテクタ13までの導波路の到達時間が遅延することを条件とすれば、当該導波路の一方又は双方に負荷を与える等、温度負荷を与える場所は適宜変更することができる

50

。

【0044】

さらに、負荷として温度を適用するようにしたが、これに代えて又はこれに加えて、圧力を適用する等、この他種々の負荷を適用することができる。

【0045】

さらに、負荷供給対象の光ファイバに対して、非負荷供給対象の光ファイバの負荷状態よりも異なる「一の」負荷状態が維持されるように負荷を与えるようにしたが、本発明はこれに限らず、複数の負荷状態のうち、「選択された」負荷状態が維持されるように負荷を与えるようにしてもよい。このようにすれば、ディテクタ13に対するパルス光の到達時間を切り換えることができ、この結果、測定精度を向上することが可能となる。

10

【0046】

さらに上述の実施の形態においては、超短パルス発振器として、図2に示した超短ファイバレーザ器11を適用するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、ゲインファイバをもつものであれば、この他種々の超短パルス発振器を適用することができる。

【産業上の利用可能性】

【0047】

本発明は、工業、医療、バイオ、農業、セキュリティ又は情報通信・エレクトロニクスなどの産業上において利用可能である。

【符号の説明】

20

【0048】

10 …… テラヘルツ分光装置、11 …… 超短ファイバレーザ器、11C …… ゲインファイバ、12 …… エミッタ、13 …… ディテクタ、14 …… コンピュータ、14A …… 負荷可変部、20A …… 表層被覆部、20B …… 深層被覆部、20 …… 被覆部、30 …… 温度負荷供給部、OF1、OF2、OF3 …… 光ファイバ。

【図1】

【図2】

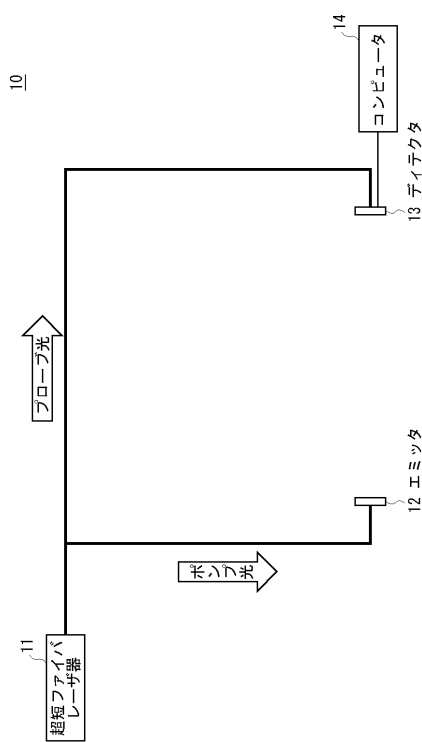


図1 本実施の形態によるテラヘルツ分光装置の構成

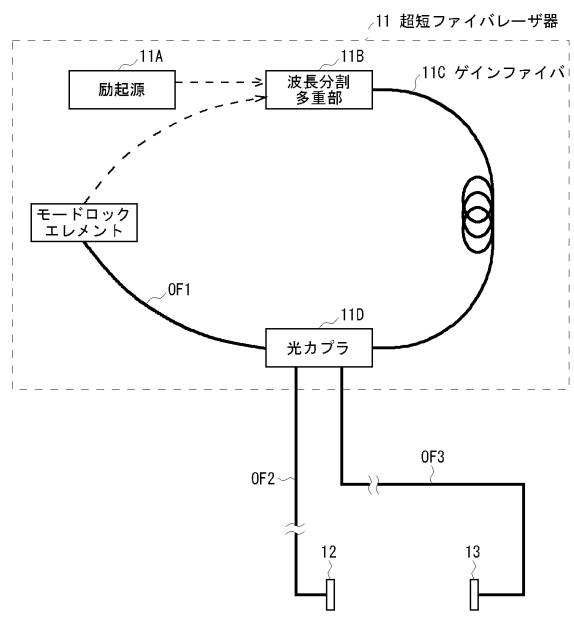


図2 導波路の構成例

【 図 3 】

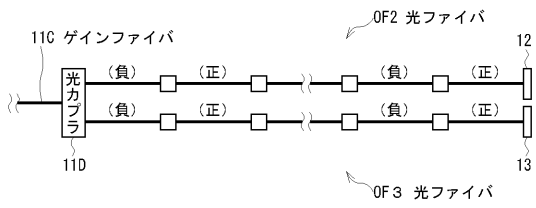


図3 異特質の光ファイバの連結による分散補償

【 図 4 】

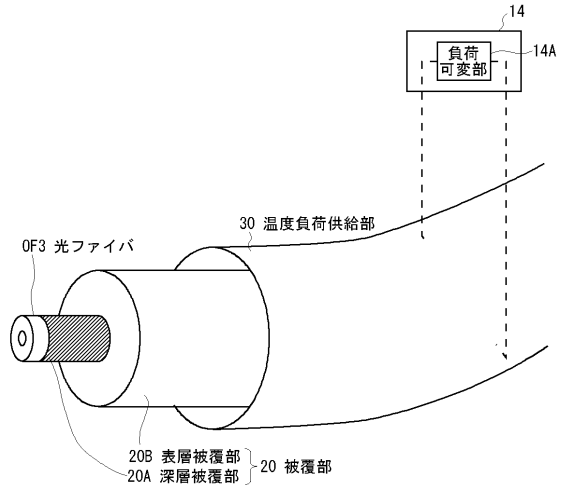


図4 光ファイバに対する温度可変による時間遅延調整