

(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2004-318145

(P2004-318145A)

(43) 公開日 平成16年11月11日(2004.11.11)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

G02B 27/28

G02B 5/30

G02F 1/37

F I

G02B 27/28

G02B 5/30

G02F 1/37

テーマコード (参考)

2H049

2H099

2K002

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2004-115411 (P2004-115411)  
 (22) 出願日 平成16年4月9日 (2004.4.9)  
 (31) 優先権主張番号 10/410185  
 (32) 優先日 平成15年4月10日 (2003.4.10)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 399117121  
 アジレント・テクノロジーズ・インク  
 AGILENT TECHNOLOGIES, INC.  
 アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアルト  
 ページ・ミル・ロード 395  
 395 Page Mill Road  
 Palo Alto, California  
 U. S. A.

(74) 代理人 100087642

弁理士 古谷 聡

(74) 代理人 100076680

弁理士 溝部 孝彦

(74) 代理人 100121061

弁理士 西山 清春

最終頁に続く

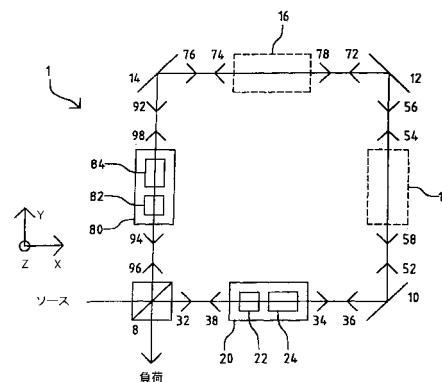
(54) 【発明の名称】 二回通過型の偏光無依存性信号プロセッサおよび軸上処理方法

## (57) 【要約】

【課題】 任意に偏光された信号を2つの成分に分離し、それらの成分の偏光をそろえる装置の提供。

【解決手段】 装置は、偏光ビームスプリッタ(8)、少なくとも2つのリフレクタ(10と12又は14)、及び第1と第2の偏光回転装置(20と60又は80)を含む。偏光ビームスプリッタ(8)及び少なくとも2つのリフレクタ(20と60又は80)は、時計廻り信号成分および反時計廻り信号成分を伝搬することが可能なループをなすように構成される。第1の偏光回転装置(20)は、ループにおいて偏光ビームスプリッタ(8)と少なくとも2つのリフレクタのうち第1のリフレクタ(10)との間に配置される。第2の偏光回転装置(60又は80)は、ループにおいて偏光ビームスプリッタ(8)と少なくとも2つのリフレクタのうち追加のリフレクタ(12又は14)との間に配置される。第1の偏光回転装置は、直列配置の可逆性回転子(22)と非可逆性回転子(24)を含む。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

偏光ビームスプリッタ(8)と、少なくとも2つのリフレクタ(10、および12または14)と、第1および第2の偏光回転装置(20、および60または80)とを備える装置であって、

前記偏光ビームスプリッタ(8)および前記少なくとも2つのリフレクタ(20、および60または80)が、時計廻り信号成分と反時計廻り信号成分を伝搬することが可能なループをなすように構成され、

前記第1の偏光回転装置(20)が、前記ループにおいて、前記偏光ビームスプリッタ(8)と前記少なくとも2つのリフレクタのうち第1のリフレクタ(10)との間に配置され、 10

前記第2の偏光回転装置(60または80)が、前記ループにおいて、前記偏光ビームスプリッタ(8)と前記少なくとも2つのリフレクタのうち追加のリフレクタ(12または14)との間に配置され、および

前記第1の偏光回転装置が、可逆性回転子(22)および非可逆性回転子(24)からなる直列構成を含む、装置。

## 【請求項 2】

前記可逆性回転子(22)が、前記偏光ビームスプリッタの基準軸に対して22.5度傾斜した主軸を有する二分の一波長板を含み、および

前記非可逆性回転子(24)が、前記時計廻り信号成分および前記反時計廻り信号成分の偏光を+45度だけ回転させることができるように構成されたファラデー回転子を含む、請求項1に記載の装置。 20

## 【請求項 3】

前記少なくとも2つのリフレクタが、第2のリフレクタ(12)をさらに含み、

前記追加のリフレクタ(14)が、前記少なくとも2つのリフレクタの第3のリフレクタ(14)を構成し、

前記偏光ビームスプリッタ(8)、前記第1のリフレクタ(10)、前記第2のリフレクタ(12)、および前記第3のリフレクタ(14)が、前記ループをなすように構成され、および

前記第2の偏光回転装置(80)が、前記ループにおいて、前記偏光ビームスプリッタ(8)と前記第3のリフレクタ(14)との間に配置される、請求項1に記載の装置。 30

## 【請求項 4】

前記追加のリフレクタ(14)が、前記少なくとも2つのリフレクタの第2のリフレクタ(12)を構成し、

前記少なくとも2つのリフレクタが、第3のリフレクタ(14)をさらに含み、

前記偏光ビームスプリッタ(8)、前記第1のリフレクタ(10)、前記第2のリフレクタ(12)、および前記第3のリフレクタ(14)が、前記ループをなすように構成され、および

前記第2の偏光回転装置(60)が、前記ループにおいて、前記第3のリフレクタ(14)と第2のリフレクタ(12)との間に配置される、請求項1に記載の装置。 40

## 【請求項 5】

前記第1のリフレクタ(10)と前記追加のリフレクタ(12または14)との間に配置された非線形結晶(18)と、および

前記ループにおいて、前記第2の偏光回転装置(60)と前記偏光ビームスプリッタ(8)および前記追加のリフレクタ(12または14)の一方との間に配置された線路引伸ばし器(112、114)とをさらに含む、請求項1に記載の装置。

## 【請求項 6】

方法であって、

ソース信号を垂直偏光成分(96)と水平偏光成分(32)に分割するステップと、

第1の偏光回転装置(20)を介して、前記水平偏光成分を伝搬し、前記水平偏光成分 50

の垂直偏光バージョン(34)を得るステップと、

領域(18)を介して、そして第2の偏光回転装置(60または80)を介して、前記垂直偏光バージョン(34)を伝搬し、前記垂直偏光バージョンの水平偏光バージョン(92)を得るステップと、

前記第2の偏光回転装置(60または80)を介して、前記垂直偏光成分(96)を伝搬し、第1の垂直偏光のままのバージョン(76)を得るステップと、および

前記領域(18)を介して、そして前記第1の偏光回転装置(20)を介して、前記第1の垂直偏光のままのバージョン(76)を伝搬し、第2の垂直偏光のままのバージョン(38)を得るステップとを含む、方法。

【請求項7】

前記第1の偏光回転装置を介して、前記水平偏光成分を伝搬するステップが、前記水平偏光成分(32)の偏光を90度だけ回転させ、および

前記第1の偏光回転装置を介して、前記第1の垂直偏光のままのバージョンを伝搬するステップが、前記第2の垂直偏光のままのバージョン(38)の偏光を、前記第1の垂直偏光のままのバージョン(76)の偏光に対して回転しない状態に維持する、請求項6に記載の方法。

【請求項8】

前記領域(18)に配置された非線形結晶を介して、前記水平偏光成分(32)の前記垂直偏光バージョン(34)を伝搬し、且つ前記第1の垂直偏光のままのバージョン(76)を逆方向に伝搬するステップをさらに含む、請求項6に記載の方法。

【請求項9】

前記非線形結晶を介して、第1パスのポンプ信号を前記水平偏光成分(32)の前記垂直偏光バージョン(34)と同じ方向に伝搬して、第1パスのヘテロダイン信号(54)を発生するステップと、および

前記非線形結晶を介して、第2パスのポンプ信号を前記第1の垂直偏光のままのバージョン(76)と同じ方向に伝搬して、第2パスのヘテロダイン信号(58)を発生するステップとをさらに含む、請求項8に記載の方法。

【請求項10】

第1のソース信号リフレクタ(10)を介して、前記第2パスのヘテロダイン信号(58)を反射されない第2パスのヘテロダイン信号として伝搬するステップと、および

前記反射されない第2パスのヘテロダイン信号を偏向した第2パスのヘテロダイン信号として第1のスプリッタ(102または130)から偏向させるステップとをさらに含む、請求項9に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、任意に偏光されたソース信号を処理するための装置に関する。とりわけ、本発明は、任意に偏光された信号を2つの成分に分離して、処理のためにそれらの成分の偏光をそろえる装置に関する。例示的な用途には、非線形結晶においてそろえられた偏光信号成分を、所定の偏光を有するポンプ信号と混合することが含まれる。

【背景技術】

【0002】

非線形波長変換を使用して、光サンプリングオシロスコープにおける超高速信号を測定することができる。非線形変換結晶は、一般に、ソース信号およびポンプ信号の特定の偏光を必要とし、同じ偏光の配向を有する和周波発生(SFG)信号を生じる。計測器の一部をなすポンプ信号は、常に正しく偏光され得るが、ソース信号(すなわち、ユーザの入力信号)は、未知の偏光を有する可能性がある。従来は、フィードバックに基づく偏光コントローラが用いられてきたが、これらに可能なのは、せいぜい数キロヘルツ帯域幅の偏光調整である。そのビットレートで偏光が変化するように、偏光インターリーピングが用いられてきたが、数十~数百ギガヘルツの偏光捕捉帯域幅が必要になる。光サンプリング

10

20

30

40

50

オシロスコープは、入力の偏光に関係なく、ただ単にソース信号から再構成された信号パワーを表示することが望ましい。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

偏光ビームスプリッタの主軸に対して45度の軸上に偏光される偏光ビームスプリッタを用いて、ポンプ信号を2つのチャンネルに分割することは、知られている。このように、ポンプパワーの50%が、2つの異なるチャンネルのそれぞれに送り込まれ、各チャンネルは、他方に対して直交する偏光により特徴付けられる。ソース信号も、偏光ビームスプリッタに通され、任意に偏光されたソース信号の2つの偏光成分が別々に分割される。これら2つのチャンネルのそれぞれの信号は、対応する非線形結晶に通され、2つの対応する混合信号を生成する。しかしながら、これは、ポンプ信号の低下した強度に起因して、変換効率において50%の低下（すなわち、3dBの損失）という結果になる。

10

【0004】

理論的に3dBの損失（すなわち、ポンプ信号の分割に起因する）を被らないように、2つの非線形結晶を直列に用いることも知られている。しかしながら、結晶が2つになると、コストが増し、色および時間的分散を補正するために2つの結晶間に光学コンポーネントを用いる必要があり、特に、それらの温度について、結晶を整合させる必要がある。

【課題を解決するための手段】

【0005】

20

本発明の一例としての装置には、偏光ビームスプリッタ、少なくとも2つのリフレクタ、および第1と第2の偏光回転装置が含まれる。偏光ビームスプリッタおよび少なくとも2つのリフレクタは、時計廻り信号成分および反時計廻り信号成分を伝搬することが可能なループをなすように構成される。第1の偏光回転装置は、ループにおいて偏光ビームスプリッタと少なくとも2つのリフレクタのうち第1のリフレクタとの間に配置される。第2の偏光回転装置は、ループにおいて偏光ビームスプリッタと少なくとも2つのリフレクタのうち追加のリフレクタとの間に配置される。第1の偏光回転装置には、直列配置の可逆性回転子と非可逆性回転子が含まれる。

【0006】

本発明の代替例としての方法には、ソース信号を垂直偏光成分と水平偏光成分に分割することが含まれる。この方法には、第1の偏光回転装置を介して、水平偏光成分を伝搬し、水平偏光成分の垂直偏光バージョンを得ることと、ある領域を介して、そして第2の偏光回転装置を介して、垂直偏光バージョンを伝搬し、垂直偏光バージョンの水平偏光バージョンを得ることとがさらに含まれる。この方法には、第2の偏光回転装置を介して、垂直偏光成分を伝搬し、第1の垂直偏光のままのバージョンを得ることと、前記領域を介して、そして第1の偏光回転装置を介して、第1の垂直偏光のままのバージョンを伝搬し、第2の垂直偏光のままのバージョンを得ることとがさらに含まれる。

30

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、所定の偏光をなすようにソース信号の2つの成分がそろえられることが可能となり、所定の偏光を施す偏光ビームスプリッタを介した任意の偏光を有するソース信号の処理を可能にする。また、本発明によれば、任意の偏光状態のソース信号を所定の偏光状態のポンプ信号と混合することが可能となり、被試験信号の偏光状態に関係なく、ソース信号の信号パワーを検出することが可能となる。本発明は、マイクロ波から光の範囲にわたる電磁信号の処理に有用である。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

図面に関連した好適な実施形態に関する以下の説明において、本発明は詳細に説明される。

【0009】

50

本発明は、後続の処理に備えて、所定の偏光をなすようにソース信号の２つの成分がそろえられることを可能にするプロセスにおいて、所定の偏光を施す偏光ビームスプリッタを介した任意の偏光を有するソース信号を処理する。本発明の用途に関する特定の例において、装置は、被試験信号の偏光状態に関係なく、ソース信号の信号パワーを検出することが可能なプロセスにおいて、任意の偏光状態のソース信号を所定の偏光状態のポンプ信号と混合する。本明細書で説明されるように、本発明は、マイクロ波から光の範囲にわたる電磁信号の処理に有用である。

#### 【 0 0 1 0 】

図 1 において、ソースからの任意の偏光状態のソース信号は、偏光アライメント装置 1 を通って負荷に伝搬する。装置 1 は、ソースの方へ戻る反射を除去し、同時にソース信号の偏光状態が分っている領域 1 6 および 1 8 を提供するように構成される。装置 1 には、ソース信号を２つの成分に分割し、一方の成分を時計廻り信号として伝搬するように方向づけ、他方の成分を反時計廻り信号として伝搬するように方向づけることが可能なように、ループ状に構成された偏光ビームスプリッタ 8 と、リフレクタ 1 0、1 2、および 1 4 が含まれる。 10

#### 【 0 0 1 1 】

ソース信号は、任意の偏光状態にある。光ビームまたはマイクロ波信号のような電磁信号の電界方向によって、通例、信号の偏光が規定されるが、一貫して用いられるなら、偏光に関して他の規定を同様に利用することもできる。平面波面を有する電磁信号は、信号の電界方向と直交する方向に伝搬する。電界によって規定される信号の偏光は、伝搬方向に直交する平面内に存在し、偏光は、その平面内の任意の方向に配向することができる。 20

#### 【 0 0 1 2 】

一般に、偏光ベクトルは２つのベクトル成分を有するものと言われている。すなわち、一方の成分は、垂直偏光成分と呼ばれ、他方の成分は、水平偏光成分と呼ばれる。垂直偏光成分と水平偏光成分は、ベクトルの加法によって結合され、偏光ベクトルを形成する。

#### 【 0 0 1 3 】

図 1 に示されるように、信号 3 2、3 4、3 6、3 8、7 2、7 4、7 6、および 7 8 は、x 軸に沿って、プラスまたはマイナス方向に伝搬し、信号 5 2、5 4、5 6、5 8、9 2、9 4、9 6、および 9 8 は、y 軸に沿ってプラスまたはマイナス方向に伝搬する。ソース信号は、互いに直交偏光である２つのソース信号成分から構成されるものとみなされる。 30

#### 【 0 0 1 4 】

偏光ビームスプリッタ 8 は、基準軸を画定するように向けられる。例えば、垂直基準軸は、ソース信号の水平偏光成分が、水平ソース信号 3 2 として偏光ビームスプリッタを通過し、ソース信号の垂直偏光成分が、垂直ソース信号 9 6 として偏光ビームスプリッタから反射するように、偏光ビームスプリッタを配向することによって画定される。従って、垂直基準軸は、z 軸に対して平行になるように画定される。

#### 【 0 0 1 5 】

図 1 において、水平ソース信号 3 2 は、信号 3 4、5 2、5 4、7 2、7 4、9 2、および、9 4 としてループを反時計廻りに伝搬するが、後述のように偏光が回転する。垂直ソース信号 9 6 は、信号 9 8、7 6、7 8、5 6、5 8、3 6、および、3 8 としてループを時計廻りに伝搬するが、後述するように偏光は回転しない。 40

#### 【 0 0 1 6 】

装置 1 にはさらに、ループにおいて、偏光ビームスプリッタ 8 とリフレクタ 1 0 との間に配置された第 1 の回転装置 2 0 と、ループ内において、偏光ビームスプリッタ 8 とリフレクタ 1 4 との間に配置された第 2 の回転装置 8 0 が含まれる。信号 3 2 は、回転装置 2 0 を通って順方向に伝搬して、信号 3 4 になり、信号 3 6 は、回転装置 2 0 を通って逆方向に伝搬して、信号 3 8 になる。回転装置 2 0 は、その回転装置を通して逆方向に伝搬する信号の偏光を回転させないが、その回転装置を通して順方向に伝搬する信号の偏光を 90 度回転させる（すなわち、水平偏光信号が垂直偏光信号になる、および垂直偏光信号が 50

水平偏光信号になる)特性を有する。

【0017】

さらに、信号96は、回転装置80を通して、逆方向に伝搬して、信号98になり、信号92は、回転装置80を通して、順方向に伝搬して、信号94になる。回転装置20と同様に、回転装置80は、その回転装置を通して逆方向に伝搬する信号の偏光を回転させないが、その回転装置を通して順方向に伝搬する信号の偏光を90度回転させる特性を有する。この特性を得るための回転装置の構成については、後述する。

【0018】

回転装置20、80のそれぞれには、可逆性回転子(例えば、二分の一波長板22、82)と、非可逆性回転子(例えば、ファラデー回転子24、84)が含まれる。可逆性回転子は好適には、直交偏光信号の成分を如何にして分割するかを規定する、偏光ビームスプリッタ8の基準軸に対して22.5度傾斜した主軸を有する二分の一波長板を含む。可逆性回転子22の場合、例えば、二分の一波長板の主軸は、y-z平面内にあり、回転装置20の二分の一波長板を通して、順方向に伝搬する信号の偏光を時計廻りに45度回転させ、回転装置20の二分の一波長板を通して、逆方向に伝搬する信号の偏光を反時計廻りに45度回転させるように(従って、可逆性回転子(reciprocal rotator)と呼ぶ)、y軸およびz軸に対して角度的に配向されている。

【0019】

非可逆性回転子は好適には、ファラデー回転子を含む。一般的なファラデー回転子は、ファラデー効果によって特徴付けられる磁化材料(すなわち、ファラデー材料)を含み、ファラデー効果は、その材料を通して伝搬する信号の偏光を回転させる。しかしながら、ファラデー材料の磁化の代わりに、またはそれに加えて、外部磁界を加えることもできる。ファラデー材料を通して伝搬する信号の偏光回転の程度は、磁化強度、信号伝搬方向における材料の厚さ、およびその特定のファラデー材料を特徴付ける定数に依存する。例えば、非可逆性回転子24のファラデー回転子の実施例では、磁化(材料に内部的にまたは外部から加えられる)の強度、材料の厚さ、および材料の定数(材料タイプに依存する)は、ファラデー回転子を通して伝搬する信号の偏光(ソース信号の波長における)を、45度回転させるように選択される。この回転方向は、ファラデー材料を通る信号の伝搬方向(すなわち、信号が順方向に伝搬するか、または逆方向に伝搬するかどうか)に依存しない(従って、非可逆性回転子(nonreciprocal rotator)と呼ぶ)。この回転が時計廻りになるか、または反時計廻りになるかどうかは、磁化の方向によって決まる。非可逆性回転子24のファラデー回転子において、磁化は、信号が順方向に伝搬するか、または逆方向に伝搬するかどうかに関係なく、信号の偏光を時計廻りに45度回転させるように配向される。

【0020】

代案として、ファラデー回転子(非可逆性回転子)を通して伝搬する信号の偏光が、時計廻りではなく、反時計廻りに回転するように、磁化ベクトルを極毎に反転させることができる。この場合、可逆性回転子22は、その二分の一波長板の主軸が偏光ビームスプリッタ8の基準軸に対して22.5度傾斜していることにより、回転装置20の二分の一波長板を通して順方向に伝搬する信号は、反時計廻りに45度回転し、回転装置20の二分の一波長板を通して逆方向に伝搬する信号は、時計廻りに45度回転する。

【0021】

回転装置20を通る順方向において、信号32は、まず、可逆性回転子22を通して伝搬し、そこでその偏光が時計廻りに45度回転させられ、次に、非可逆性回転子24を通して伝搬し、そこでその偏光が時計廻りにさらに45度回転させられる。このように、回転装置20を通して、順方向に伝搬する信号の偏光は、時計廻りに90度回転する。水平偏光信号32は、回転装置20を通して順方向に伝搬して、垂直偏光信号である回転した水平ソース信号34になる。

【0022】

回転装置20を通る逆方向において、信号36(垂直偏光信号)は、まず、非可逆性回

10

20

30

40

50

転子 24 を通って伝搬し、そこでその偏光が時計廻りに 45 度回転させられ、次に、可逆性回転子 22 を通って伝搬し、そこでその偏光が反時計廻りに 45 度回転させられる。このように、回転装置 20 を通って、逆方向に伝搬する信号の偏光は、正味の回転を招かない。垂直偏光信号 36 は、回転装置 20 を通って逆方向に伝搬して、正味の回転を招かず、垂直偏光信号である二重反転による非回転の垂直ソース信号 38 になる。

#### 【0023】

可逆性回転子 22 および非可逆性回転子 24 を通って伝搬する順序は、重要ではない。信号は、非可逆性回転子 24 の通過前でも、または通過後でも、可逆性回転子 22 を通って伝搬することができる。結果として生じる回転は、信号が順方向に伝搬する場合も、または逆方向に伝搬する場合も同じである。

10

#### 【0024】

同様に、回転装置 80 に関して、垂直偏光信号 96 は、回転装置 80 を通って、逆方向に伝搬し、正味の偏光回転を招かず、非回転の垂直ソース信号 98 になる。非回転の垂直ソース信号 98 は、垂直偏光信号である。垂直偏光信号 92 は、偏光デバイス 80 を通って、順方向に伝搬し、水平偏光信号である 2 度回転した水平ソース信号 94 になる。

#### 【0025】

装置 1 をこのように構成すると、水平ソース信号 32 (すなわち、ソース信号の水平偏光成分) は、回転装置 20 を通って、順方向に伝搬し、回転した水平ソース信号 34 になる。回転装置 20 によって、順方向に伝搬する信号の偏光は 90 度回転するので、回転した水平ソース信号 34 は、実際には、垂直偏光信号である。回転した水平ソース信号 34 は、リフレクタ 10、12、および 14 から垂直偏光信号 52、54、72、74、および 92 として反射され、その一方で、領域 18 および 16 を通過する。回転した水平ソース信号 92 は、リフレクタ 10、12、および 14 によって反射された後の回転した水平ソース信号 34 である。回転した水平ソース信号 92 は、垂直偏光信号であり、回転装置 80 を通って、順方向に伝搬し、2 度回転した水平ソース信号 94 になる。回転装置 80 によって、順方向に伝搬する信号の偏光はさらに 90 度回転するので、2 度回転した水平ソース信号 94 は、実際には、水平偏光を有する信号である。偏光ビームスプリッタ 8 は、例えば図 1 に示される負荷のような出力に、2 度回転した水平ソース信号 94 を送る。

20

#### 【0026】

垂直ソース信号 96 (すなわち、ソース信号の垂直偏光成分) は、回転装置 80 を通って、逆方向に伝搬し、非回転の垂直ソース信号 98 になる。回転装置 80 は、逆方向に伝搬する信号に正味の偏光回転を与えないので、非回転の垂直ソース信号 98 は、垂直偏光した状態を維持する。非回転の垂直信号 98 は、リフレクタ 14、12、および 10 から垂直偏光信号 76、78、56、58、および 36 として反射され、その一方で、領域 16 および 18 を通過する。非回転の垂直ソース信号 36 (すなわち、リフレクタ 14、12、および 10 によって反射された後の非回転の垂直ソース信号 98) は、垂直偏光した状態を維持し、回転装置 20 を通って伝搬し、二重反転による非回転の垂直ソース信号 38 になる。回転装置 20 は、逆方向に伝搬する信号に正味の偏光回転を与えないので、二重反転による非回転の垂直ソース信号 38 も、垂直偏光した状態を維持する。偏光ビームスプリッタ 8 は、垂直偏光した、二重反転による非回転の垂直ソース信号 38 を反射して、例えば図 1 に示される負荷のような出力に送る。

30

40

#### 【0027】

リフレクタ 10、12、および 14 は、ソース信号の波長と等しい波長を有する信号を反射し、本発明の本例では、他の波長において反射しても、しなくてもよい。装置 1 の場合、垂直ソース信号 96 の垂直偏光バージョンは、ループを時計廻りに伝搬する信号として、領域 16 および領域 18 を通過し、水平ソース信号 32 の垂直偏光バージョンは、ループを反時計廻りに伝搬する信号として、領域 18 および領域 16 を通過する。

#### 【0028】

偏光アライメント装置 1 は、ソースから任意の偏光状態のソース信号を受け取り、ソース信号を、互いに直交偏光した 2 つの信号成分 (偏光ビームスプリッタ 8 の配向によって

50

規定される)に分割し、2つの信号成分が、領域16および領域18を通して逆方向に伝搬する間に、単一の偏光の向きをなすように2つの信号成分をそろえ(偏光ビームスプリッタ8の配向機能)、そして再び直交偏光する2つの信号成分を互いに空間的に重ね合わせて、ソース信号の元の任意の偏光配向を有する、元のソース信号を再生成した後、例えば、負荷のような出力に再結合した信号を送る。

#### 【0029】

図2には、偏光アライメント装置の代替例が示される。図2の場合、図1において参照番号20により示された回転装置が、図2では参照番号40により示されているという点を除いて、偏光アライメント装置2は、図1に関連して上述したコンポーネントのほぼ全てを含んでおり、図1に関連して上述した信号の全てを処理する。図2では、回転装置40は、リフレクタ10と12との間に配置され、図1において参照番号18により示された領域に配置される。

10

#### 【0030】

装置1と同様に、偏光アライメント装置2は、ソースから任意の偏光状態のソース信号を受け取り、ソース信号を、互いに直交偏光した2つの信号成分(偏光ビームスプリッタ8の配向によって規定される)に分割し、2つの信号成分が、領域16(図2には、領域18はない)を通して逆方向に伝搬する間に、単一の偏光の向きをなすように2つの信号成分をそろえ(偏光ビームスプリッタ8の配向機能)、そして再び直交偏光する2つの信号成分を再結合して、ソース信号の元の任意の偏光配向を有する、元のソース信号を再生成した後、例えば、負荷のような出力に再結合した信号を送る。

20

#### 【0031】

図3には、偏光アライメント装置の別の代替例が示される。図3の場合、図1において参照番号80により示された回転装置が、図3では参照番号60により示されているという点を除いて、偏光アライメント装置3は、図1に関連して上述したコンポーネントのほぼ全てを含んでおり、図1に関連して上述した信号の全てを処理する。図3では、回転装置60は、リフレクタ14と12との間に配置され、図1において参照番号16により示された領域に配置される。

#### 【0032】

装置1と同様に、偏光アライメント装置3は、ソースから任意の偏光状態のソース信号を受け取り、ソース信号を、互いに直交偏光した2つの信号成分(偏光ビームスプリッタ8の配向によって規定される)に分割し、2つの信号成分が、領域18(図3には、領域16はない)を通して逆方向に伝搬する間に、単一の偏光の向きをなすように2つの信号成分をそろえ(偏光ビームスプリッタ8の配向機能)、そして再び直交偏光する2つの信号成分を空間的に重ね合わせて、ソース信号の元の任意の偏光配向を有する、元のソース信号を再生成した後、再結合した信号を負荷に送る。

30

#### 【0033】

装置1、装置2、または装置3の任意の1つと同様に、直交偏光した同じ波長(ソース信号の波長)の2つの入射信号は、2つの信号成分を有する、ソースからのソース信号として空間的に重ね合わせられて、処理されることができる。この場合、2つの信号成分は、互いに直交偏光しており、偏光がそろえられるが、領域16および/または領域18を通る伝搬方向によって識別可能になる。

40

#### 【0034】

装置1、装置2、または装置3と類似した装置を3辺だけで構成することができる。例えば、図1のリフレクタ12と領域16を除去し、リフレクタ10および14のアライメントをとり直して、リフレクタ10と14との間に信号経路を形成する。リフレクタ10と14との間の経路は、直角三角形の斜辺であり、領域18は、この斜辺に沿って配置される。こうした構成は、偏光ビームスプリッタ8が90度の角度で分離された2つのそれぞれの経路に沿って、2つの直交偏光信号成分を提供するので、直角三角形になる。

#### 【0035】

装置1、装置2、または装置3のような装置は、光信号またはマイクロ波信号との使用

50



に構成され得る。光波長またはマイクロ波長での用途には、二分の一波長板回転子（例えば、22）、ファラデー回転子（例えば、24）、偏光ビームスプリッタ（例えば、8）、およびリフレクタ10、12、および14が利用可能である。装置1、装置2、または装置3のような装置には、特に光信号およびマイクロ波信号の処理において、多くの用途がある。例えば、この装置によって、ある1つの偏光を有する信号に限って作用する反射吸収フィルタまたは透過吸収フィルタまたは非垂直入射透過・反射フィルタ（例えば、伝搬方向に無関係）が、任意の偏光信号をフィルタリングするように実施することが可能になる。また、この装置によって、それぞれ1つの方向にしか伝搬しない信号に変調を加える1対の進行波変調器（例えば、領域16および領域18に別々に配置される）を用いて、情報を2回伝送するために、2つの直交信号成分を別個に変調することも可能になる。この装置によって、領域16および/または領域18に配置されたアップヘテロダインコンバータまたはダウンヘテロダインコンバータを有利に使用して、信号の周波数変換を行うことが可能になる。

10

#### 【0036】

全ての周波数変換器と同様に、注意して、ポンプ信号（すなわち、局部発振器信号）を埋め込み、混合によって生じる中間周波数信号が抽出される。例えば、図4には、アップヘテロダインコンバータ装置4が示される。後述するように、非線形結晶100が、リフレクタ10と12との間の図3において参照番号18により示された領域に配置され、線路引伸ばし器が追加され、追加回路コンポーネントが追加されているという点を除いて、装置4は、図3に関連して上述したコンポーネントのほぼ全てを含み、図3に関連して上述した信号の全てを処理する。線路引伸ばし器の一例は、リフレクタ112および114を追加し、リフレクタ14の考えられる再配置によって実現される構成である。しかしながら、線路引伸ばし器は、偏光ビームスプリッタ8からリフレクタ12までの信号経路に沿った任意のポイントに追加され得る。リフレクタ14、112、および114を適切に構成することによって、信号96が偏光ビームスプリッタ8から出射する時点と、非線形結晶100に到達する（信号56として到達する）時点との間の遅延は、信号32が偏光ビームスプリッタ8から出射する時点と、非線形結晶100に到達する（水平偏光ソース信号32の垂直偏光バージョン52として到達する）時点との間の遅延に対して、任意に延ばしたり、または縮めたりすることができる。このように、信号32および96に対応する信号が、非線形結晶100内の任意のポイントに到着する時点の時間的アライメントを任意にとることができる。実際、装置1、2、または3に同様の線路引伸ばし器を追加すると、信号32および96に対応する信号が、領域16または領域18に到着する時点の時間的アライメントを任意にとることができる。

20

30

#### 【0037】

代表的な用途では、ソース信号は、一般に、1530～1620nmの波長を有する光信号であり、ポンプ信号は、一般に、780nmのようなより短い波長を有する光信号である。非線形結晶100で生じる混合によって、約519nmの波長を有する和周波発生信号（SFG信号）が生じる（この代表的な用途において考察されるポンプ信号およびソース信号の波長に関して）。SFG信号の和周波数は、ソース信号の周波数とポンプ信号の周波数の和に等しい。同様に、ヘテロダイン混合は、図6に関連して後述するように、差周波発生信号（DFG信号）を生成するように構成され得る。SFGおよびDFG信号は、ヘテロダイン信号と総称することができる。

40

#### 【0038】

一例において、非線形結晶100は、周期的にポーリングされたニオブ酸リチウム（PPLN）結晶である。ニオブ酸リチウム結晶は、固有の分極特性を有し、この場合、結晶の一方の端部が陽極によって特徴付けられ、他方の端部が陰極によって特徴付けられ、従って、それらの間に極性が画定される。PPLN結晶は、多くの層を有し、層間において周期的に極性方向が反転する。例えば、図6に示されるように、非線形結晶100には、一般に、中心軸190（例えば、ポンプ信号およびソース信号が伝搬する経路とそろえられた軸）に対して垂直になるように画定され、中心軸に沿った軸方向のわずかな長さだけ

50

離隔された層間平面を有する層が含まれる。「周期的にポーリングされた」という意味は、層の第1の半分が、陽極から陰極へのベクトルが上部から底部まで配向された状態で分極され（図6に示すように）、第1の半分に対して交互配置された、層の第2の半分が、陽極から陰極へのベクトルが底部から上部まで配向された状態で分極される（図6に示すように）ことである。

#### 【0039】

周期的にポーリングされた非線形結晶における分極層の空間的極反転率は、ソース信号、ポンプ信号、およびSFG信号の波長に選択的に依存する（すなわち、コヒーレントな混合によってSFG信号が生じるように）。任意の単一層における混合効果が弱いので、このように空間的極反転率を調整することによって、いくつかの層における弱い混合がコヒーレントに蓄積されることが可能になる。同時に、ポーリング率が差周波発生波長に対してランダムであるので、混合によって生じる差周波が、破壊的な相殺を受けやすい。差周波混合の生成物は、非コヒーレントに付加され、ミクサーノイズの一部になる。代案として、所望のヘテロダイン信号が差周波発生信号（DFG信号）である設計の場合、周期的にポーリングされた非線形結晶における分極層の空間的極反転率は、ソース信号、ポンプ信号、およびDFG信号の波長に選択的に依存する（すなわち、コヒーレントな混合によってDFG信号が生じるように）。

10

#### 【0040】

上記の考察は、非線形結晶100としてPPLNを使用しているが、さまざまな用途に他の非線形結晶を利用することもでき、その選択は、主として、混合されるべき信号の特性と、結晶の材料特性に依存する。例えば、他の非線形材料については、以下の表1を参照されたい。

20

#### 【0041】

【表1】

化学名	一般名称
Ag <sub>3</sub> AsS <sub>3</sub>	淡紅銀鉱
Te	テルル
Tl <sub>3</sub> AsSe <sub>3</sub>	TAS
CdGeAs <sub>2</sub>	
AgGaS <sub>2</sub>	
AgGaSe <sub>2</sub>	
GaAs	
LiNbO <sub>3</sub>	ニオブ酸リチウム
LiIO <sub>3</sub>	ヨウ素酸リチウム
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	リン酸二水素アンモニウム, ADP
KH <sub>2</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	リン酸二水素カリウム, KDP
KD <sub>2</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	リン酸二重水素化カリウム, KD*P
RbH <sub>2</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	ヒ酸二水素ルビジウム, RDA
RbH <sub>2</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	リン酸二水素ルビジウム, RDP
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	ヒ酸二水素アンモニウム, ADA
KD <sub>2</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	ヒ酸二重水素化カリウム, KD*A
CsH <sub>2</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	ヒ酸二水素セシウム, CDA
CsD <sub>2</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	ヒ酸二重水素化セシウム, CD*A
KTiOPO <sub>4</sub>	リン酸チタンカリウム, KTP
LiCHO <sub>2</sub> A H <sub>2</sub> O	ギ酸リチウム一水和物, LFM
KB <sub>5</sub> O <sub>8</sub> A 4H <sub>2</sub> O	五ホウ酸カリウム, KB5
	尿素

30

40

#### 【0042】

50

図 4 において、装置 4 には、スプリッタ 102 と、ポンプ信号を提供するポンプも含まれる。リフレクタ 10 および 12 は、ソース信号の波長とほぼ等しい波長を有する信号を反射するが、リフレクタ 10 および 12 は、ポンプ信号の波長と等しい波長を有する信号に対しては実質的に透過的である。ソース信号、および空間的に重ね合わせられたポンプ信号は、非線形結晶 100 内においてヘテロダイン混合を受け、和周波発生信号 (SFG 信号) を生じる。代案として、この装置は、DFG 波長に合わせて空間的極反転率を調整することにより、差周波発生信号 (DFG 信号) を生成し、非線形結晶において DFG 信号をコヒーレントに積分するように設計され得る。SFG 信号の周波数は、ソース信号の周波数とポンプ信号の周波数の和である。リフレクタ 10 および 12 は、SFG 信号 (あるいは、他の設計の場合には DFG 信号) の波長と等しい波長を有する信号に対して実質的に透過的である。第 1 のスプリッタ 102 は、実際には、ポンプ信号の波長と等しい波長を有する信号に対して実質的に透過的であるが、SFG 信号 (あるいは、他の設計の場合には DFG 信号) の波長とほぼ等しい波長を有する信号を反射する波長選択性リフレクタである。

10

#### 【0043】

図 4 において、ポンプからのポンプ信号は、第 1 のスプリッタ 102 を通り、リフレクタ 10 を通り、非線形結晶 100 を第 1 パスのポンプ信号として通り、リフレクタ 12 を通り、等化器 104 (後述する) を通って伝搬し、ミラー 106 から逆反射される。逆反射したポンプ信号は、戻るように伝搬して、等化器 104 を通り、リフレクタ 12 を通り、非線形結晶 100 を第 2 パスのポンプ信号として通って戻る。

20

#### 【0044】

非線形結晶 100 内において、第 1 パスのポンプ信号が信号 52 と混合して、第 1 パスの SFG 信号 (または、他の設計の場合には DFG 信号) を生じる。非線形結晶 100 内において発生した第 1 パスの SFG 信号は、リフレクタ 12 を通り、等化器 104 を通って伝搬し、ミラー 106 から逆反射される。逆反射した第 1 パスの SFG 信号は、等化器 104 を通り、リフレクタ 12 を通り、非線形結晶 100 を通り、リフレクタ 10 を通って、戻るように伝搬し、第 1 のスプリッタ 102 から偏向されて、フィルタ 108 を通り、例えば、図 4 に示されるような検出器 110 のような出力まで伝搬する。また、非線形結晶 100 内において、第 2 パスのポンプ信号が信号 56 と混合し、第 2 パスの SFG 信号 (または、他の設計の場合には DFG 信号) を生じる。非線形結晶 100 内において発生した第 2 パスの SFG 信号は、リフレクタ 10 を通って伝搬し、第 1 のスプリッタ 102 から偏向されて、フィルタ 108 を通り、検出器 110 へと伝搬する。フィルタ 108 は、SFG 信号の波長と等しい波長を有する信号に対して透過的であるが、フィルタ 108 は、他の波長に等しい波長を有する信号に対して不透明であるか、またはそのような信号を反射する。

30

#### 【0045】

装置 4 のコンポーネントの波長依存減衰および他の効果のために、検出器 110 に達する第 2 パスの SFG 信号のパワーは、検出器 110 に達する第 1 パスの SFG 信号のパワーに対して差動的に減衰する可能性がある。等化器 104 は、こうした差動的な効果を補正する。第 1 パスの SFG 信号は、等化器を 2 回通過する。第 2 パスの SFG 信号は、等化器を通過しないが、等化器を 2 回通過する第 2 パスのポンプ信号に比例するように生成される。等化器は、SFG 信号とポンプ信号の異なる波長に対して差分減衰を示す、主として透過的な材料から構成される。第 1 パスおよび第 2 パスの SFG 信号の検出器 110 において検出される相対的強度が、SFG 信号を導出する水平偏光ソース信号と垂直偏光ソース信号の相対的強度を正確に反映するように、SFG 信号波長における等化器による減衰、およびポンプ信号波長における等化器による減衰は、別々に制御される (例えば、波長選択性コーティングによって)。

40

#### 【0046】

本例の場合、ポンプ信号は、繰り返しパルス状のサンプリング信号である。代表的な用途において、ソース信号は、パルス化信号であり、この場合、パルス繰り返し率は、数十

50

～数百ギガヘルツの範囲内である。代表的な用途において、ポンプ信号は、一般に、パルス繰り返し数が、例えば、約100フェムト秒のパルス持続時間で、毎秒5000万パルスの繰り返し率を有する短い繰り返しサンプリングパルスのパルス列である（例えば、レーザからのような）。ポンプ信号は好適には、レーザ（または、他の光源、ただし一般には、モードロックレーザのようなレーザ）によって、装置4または装置5（図5）に送り込まれ、定義済みの偏光、定義済みの強度、および定義済みの波長を有するポンプ信号を提供するように制御される。

#### 【0047】

第1パスのポンプ信号の各パルス毎に、対応する第1パスのSFG信号パルスが発生する。第2パスのポンプ信号の各パルス毎に、対応する第2パスのSFG信号パルスが発生する。しかしながら、第1パスのSFG信号のパルスと第2パスのSFG信号の対応するパルスは、検出器110に同時に到達しない。装置4のコンポーネント、特に、非線形結晶100は、信号をそれらの波長に従って時間的に分散する（すなわち、分散）。大半の用途において、ソース信号は、ポンプ信号よりも速く伝搬し、ポンプ信号は、SFG信号よりも速く伝搬する。ミラー106の位置を所定位置に調整して、ミラー106から逆反射した後の、第1パスのSFG信号のパルスが、第2パスのSFG信号の対応するパルスの発生に用いられる第2パスのポンプ信号のパルスより先に、それと重なり合わないよう

10

に、非線形結晶100を戻るように通過するようにする。これによって、第2パスのポンプ信号と逆反射した第1パスのSFG信号との望ましくない混合が回避される。次に、線路引伸ばし器（リフレクタ14、112、および114）を調整して、第2パスのSFG

20

信号のパルスを生じる垂直ソース信号96の部分が、第1パスのSFG信号の対応するパルスを生じる水平ソース信号32の部分と時間的にそろえられるようにする。

#### 【0048】

第1パスのSFG信号からのパルスが、第2パスのSFG信号からの対応するパルスより後に、検出器110に到達して、パルスの時間的隔たりが提供されるので、第2パスの混合によって、第1パスのSFG信号が再混合されることはない。それにもかかわらず、時間的隔たりは極めてわずかであり、信号エネルギーは、依然として検出器110によりサンプリングされ得る。

#### 【0049】

図5には、本発明の代替例が、ダウンヘテロダインコンバータ装置5として示される。装置5には、後述される追加の回路コンポーネントが追加され、ポンプ信号が連続波信号であるという点を除いて、図4に関連して上述したコンポーネントのほぼ全てを含んでおり、図4に関連して上述した信号の全てを処理する。考察される例において、生成されるヘテロダイン信号は、上述のSFG信号ではなく、差周波発生（DFG）信号である。しかしながら、装置5は、SFG波長に合わせて非線形結晶の空間的極反転率を調整することにより、SFG信号を発生し、本教示に従って、非線形結晶においてSFG信号をコヒーレントに積分するように設計され得る。

30

#### 【0050】

装置5の場合、図4に示された第1のスプリッタ102が、図5の第1のスプリッタ130（配向が異なる）に置換されている。スプリッタ130は、DFG信号の波長とほぼ等しい波長を有する信号を反射するが、ポンプ信号の波長と等しい波長を有する信号に対して実質的に透過的である。

40

#### 【0051】

リフレクタ12と非線形結晶100との間に、第2のスプリッタ132が追加される。スプリッタ132は、DFG信号の波長とほぼ等しい波長を有する信号を反射するが、ポンプ信号の波長およびソース信号の波長に等しい波長を有する信号に対して実質的に透過的である。

#### 【0052】

リフレクタ134は、DFG信号の波長にほぼ等しい波長を有する信号を反射するために追加されており、リフレクタ134は、他の波長の信号に対して、実質的に透過的であ

50

るか、反射するか、または吸収しても、しなくてもよい。

【0053】

90度偏光回転子136は、DFG信号の波長と等しい波長を有する信号について、信号の偏光を90度回転させるために追加される。信号の伝搬が一方向であり、回転の必要性がDFG信号の波長における信号の場合に限られるので、任意の種類の回転子（例えば、四分の一波長板回転子）を使用することができる。

【0054】

スプリッタ130から反射した信号148と回転子136からの信号146を結合して、信号150を生じさせるために、偏光ビームコンバイナ138（例えば、コンバイナとして動作させられるスプリッタ）が配置される。偏光ビームコンバイナ138が、DFG信号の波長と等しい波長で動作するという点を除いて、偏光ビームコンバイナ138は、偏光ビームスプリッタ8と類似する（すなわち、垂直偏光信号は、偏光ビームスプリッタによって反射され、水平偏光信号は、偏光ビームスプリッタを通して伝搬する）。

【0055】

図5のフィルタ140は、図4のフィルタ108をただ単に再配置しただけである。両方とも、ヘテロダイン信号に等しい波長の信号を通過させ、他の波長の信号を阻止するか、または減衰させる。上述の装置4の場合、ヘテロダイン信号はSFG信号であり、装置5の場合、ヘテロダイン信号はDFG信号である。しかしながら、本教示によれば、装置4は、DFG信号を生じるように設計されることができ、装置5は、SFG信号を生じるように設計され得る。

【0056】

動作時、第1パスのポンプ信号によって、第1パスのDFG信号が発生し、第2のスプリッタ132によって反射されて、第1パスのDFG信号142（垂直偏光信号）になる。第1パスのDFG信号142は、ヘテロダイン信号リフレクタ134によって反射されて、偏光回転子136を通して伝搬し、回転した第1パスのDFG信号146（水平偏光信号）になる。第2パスのポンプ信号によって、第2パスのDFG信号が発生し、リフレクタ10を通して伝搬して、第1のスプリッタ130によって反射され、第2パスのDFG信号148（垂直偏光信号）になる。第2パスのDFG信号148は、偏光ビームスプリッタによってフィルタ140の方へ反射され、回転した第1パスのDFG信号146（水平偏光信号）は、フィルタ140の方へと偏光ビームコンバイナ138を通過する。第2パスのDFG信号148は、偏光ビームコンバイナ138において、回転した第1パスのDFG信号146と空間的に重なり合い、両方とも、フィルタ140を通して、図5に示された増幅器のような出力の方へ伝搬する。

【0057】

ソース信号の2つの信号成分が、第1パスおよび第2パスのポンプ信号と時間的に適正にそろった状態で非線形結晶100に到達することを保証するために、線路引伸ばし器が使用される。リフレクタ134、回転子136、および偏光ビームコンバイナ138が、スプリッタ130、132に近づけられるか、またはスプリッタ130、132から遠ざけられて、DFG信号の2つの信号成分が時間的に再度そろえられる。

【0058】

装置5の場合、第1パスのDFG信号も、第2パスのDFG信号も等化器104を通過しない。図5において、等化器104は、ポンプ信号の波長の信号に対する単なる制御減衰器とすることができる。第1パスのDFG信号の強度は、第1パスのポンプ信号の強度に比例し、第2パスのDFG信号の強度は、第2パスのポンプ信号の強度に比例する。等化器104は、第1パスのポンプ信号に対して第2パスのポンプ信号を任意の所定量だけ減衰させることができる。代案として、あるいはそれと組み合わせて、第2のスプリッタ132から、ヘテロダイン信号リフレクタ134を通り、90度回転子136を通して、偏光ビームコンバイナ138に至る経路の途中に、第2パスのDFG信号に対して第1パスのDFG信号を減衰させる減衰器（不図示）を配置してもよい。このように、DFG信号148および146の強度を等しくすることができる。

## 【 0 0 5 9 】

装置 5 の場合、連続（非パルス化）信号のヘテロダイン混合が可能である。こうした装置は、例えば、光信号の波長分割多重に用途を見出すことができる。混合は、ソース信号の変調を D F G 信号の変調に忠実に再現するコヒーレントプロセスである。装置 5 の出力は、フィルタ 1 4 0 によってフィルタリングされ、D F G 信号だけが伝搬する。D F G 信号は、次に、適切に設計された偏光無依存増幅器（例えば、エルビウムドープファイバ増幅器）で増幅され得る。

## 【 0 0 6 0 】

図 1 ~ 図 5 の装置はいずれも、さまざまな有用な態様で信号を処理する。一例として図 1 を参照すると、ソース信号は、偏光ビームスプリッタ 8 において、垂直偏光成分 9 6 と水平偏光成分 3 2 に分割される。水平偏光成分が、第 1 の回転装置 2 0 を通って伝搬し、水平偏光成分 3 2 の垂直偏光バージョン 3 4 が得られる。垂直偏光バージョン 3 4 が、領域 1 8 および / または領域 1 6 を通り、そして第 2 の回転装置（例えば、8 0 または 6 0（図 3 ~ 図 5））を通って伝搬し、垂直偏光バージョン 3 4 の水平偏光バージョン（9 4 または 9 2（図 3 ~ 図 5））が得られる。水平偏光バージョン（9 4 または 9 2（図 3 ~ 図 5））は、次に、偏光ビームスプリッタ 8 を通過して、負荷に入射する。

10

## 【 0 0 6 1 】

垂直偏光成分 9 6 は、第 2 の回転装置（8 0 または 6 0（図 3 ~ 図 5））を通って伝搬し、第 1 の垂直偏光のままのバージョン（7 6 または 7 8）が得られる。第 1 の垂直偏光のままのバージョン（7 6 または 7 8）は、領域（1 8 および / または 1 6）を通り、そして第 1 の回転装置 2 0 を通って伝搬し、第 2 の垂直偏光のままのバージョン 3 8 が得られる。第 2 の垂直偏光のままのバージョン 3 8 が、偏光ビームスプリッタ 8 から反射されて、負荷に入射する。

20

## 【 0 0 6 2 】

水平偏光成分 3 2 が、第 1 の回転装置 2 0 を通って伝搬する場合、その偏光は 9 0 度回転する。第 1 の垂直偏光のままのバージョン（7 6 または 7 8）が、第 1 の回転装置 2 0 を通って伝搬する場合、その偏光は回転しないままである。

## 【 0 0 6 3 】

水平および垂直偏光成分を逆方向に伝搬させる場合、領域 1 6 および / または領域 1 8 の通過時に、所定の時間オフセットに合わせて、水平偏光成分の垂直偏光バージョンと第 1 の垂直偏光のままのバージョンを時間的にそろえるのに役立つ場合が多い。これは、リフレクタ 1 4、1 1 2、および 1 1 4 を含む線路引伸ばし器または等価物を利用することによって達成される。所定の時間オフセットによって、反時計廻りソース信号と第 1 パスのポンプ信号との時間的アライメントが、時計廻りソース信号と第 2 パスのポンプ信号との時間的アライメントと同じになるように調整される。

30

## 【 0 0 6 4 】

2 つの偏光成分のヘテロダイン変換は、領域 1 8 に配置された非線形結晶 1 0 0 を介して、水平偏光成分 3 2 の垂直偏光バージョン 5 2 を伝搬させ、且つ逆方向に第 1 の垂直偏光のままのバージョン 5 6 を伝搬させることによって達成される。第 1 の偏光成分のヘテロダイン変換は、水平偏光成分の垂直偏光バージョンが非線形結晶を通して伝搬するのと同じ方向に、非線形結晶 1 0 0 を介して第 1 パスのポンプ信号を伝搬させ、第 1 パスのヘテロダイン信号を生じさせることによって達成される。第 2 の偏光成分のヘテロダイン変換は、第 1 の垂直偏光のままのバージョン 5 6 が非線形結晶を通して伝搬するのと同じ方向に、非線形結晶を介して第 2 パスのポンプ信号を伝搬させ、第 2 パスのヘテロダイン信号を生じさせることによって達成される。

40

## 【 0 0 6 5 】

垂直偏光バージョン 5 2 は、非線形結晶 1 0 0 が配置されている領域 1 8 を通って伝搬し、第 2 のソース信号リフレクタ 1 2 から反射され、そして、第 2 の回転装置（例えば、6 0）を通って伝搬する。第 2 パスのヘテロダイン信号は、反射されなかった第 2 パスのヘテロダイン信号として、第 1 のソース信号リフレクタ 1 0 を通って伝搬し、反射されな

50

かった第2パスのヘテロダイン信号は、偏向した第2パスのヘテロダイン信号（図5の148）として、第1のスプリッタ102（または、図5の130）によって偏向させられる。

#### 【0066】

図4の場合、第1パスのヘテロダイン信号は、第2のソース信号リフレクタ12を通して伝搬し、ミラー106によって、第1の逆反射した第1パスのヘテロダイン信号として逆反射される。第1の逆反射した第1パスのヘテロダイン信号は、第2のソース信号リフレクタ12を通り、非線形結晶100を通り、第1のソース信号リフレクタ10を通して、第2の逆反射した第1パスのヘテロダイン信号として伝搬する。第2の逆反射した第1パスのヘテロダイン信号は、偏向した第1パスの逆反射ヘテロダイン信号として、第1のスプリッタ102によって偏向させられる。偏向した第1パスの逆反射ヘテロダイン信号と、偏向した第2パスのヘテロダイン信号は、両方とも、ヘテロダイン信号フィルタ108においてフィルタリングされて、検出器110へと伝搬する。

10

#### 【0067】

偏向した第1パスの逆反射ヘテロダイン信号と偏向した第2パスのヘテロダイン信号は、等化器104によって等化される。

#### 【0068】

図5の場合、第1パスのヘテロダイン信号は、第2のスプリッタ132によって偏向させられて、信号142になり、ヘテロダイン信号リフレクタ134によって反射されて、信号144になり、90度回転子136によって偏光が90度回転して、回転した第1パスのヘテロダイン信号146になる。回転した第1パスのヘテロダイン信号146および偏向した第2パスのヘテロダイン信号148（スプリッタ130によって偏向させられた）は、偏光ビームコンバイナ138において結合される。コンバイナ138は、スプリッタ8と原理的に類似するが、2つの直交偏光信号を結合するように働き、ヘテロダイン信号の波長で機能するように構成される。有利な点は、回転した第1パスのヘテロダイン信号146と偏向した第2パスのヘテロダイン信号148の強度は、それらがコンバイナ138に入射する時までには等しくされていることである。

20

#### 【0069】

混合に関する新規な装置と方法の好適な実施形態を説明してきたが（その説明は、制限のためではなく、例証を意図している）、上述の教示に鑑みて、修正および変更を行うことが可能であるという点に留意されたい。例えば、偏光ビームスプリッタ8で生じる信号は、垂直偏光成分および水平偏光成分として説明されているが、これらの呼称は任意であり、2つの信号は実際には、スプリッタ8の配向によって規定される、ソース信号の2つの直交するように出射する信号である。従って、理解されるように、開示された本発明の特定の実施形態に変更を加えることは可能であり、それらは添付の特許請求の範囲によって定義されるような本発明の範囲内にある。

30

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0070】

【図1】本発明の実施形態の概略図である。

【図2】図1の実施形態の代替案である本発明の実施形態の概略図である。

40

【図3】図1の実施形態の代替案である本発明の実施形態の概略図である。

【図4】非線形結晶を含む代替の実施形態の概略図である。

【図5】非線形結晶を含む代替の実施形態の概略図である。

【図6】周期的にポーリングされた非線形結晶の概略図である。

#### 【符号の説明】

#### 【0071】

8 偏光ビームスプリッタ

10、12、14 リフレクタ

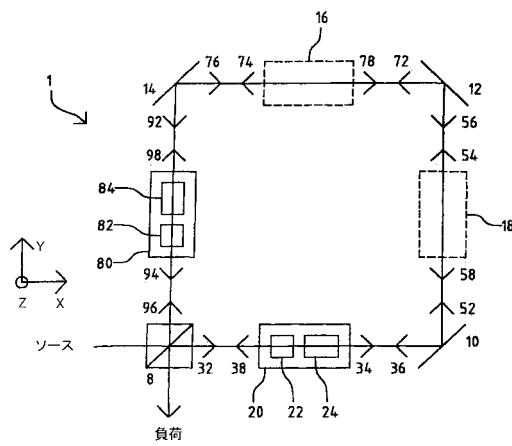
16、18 領域

20 偏光回転装置

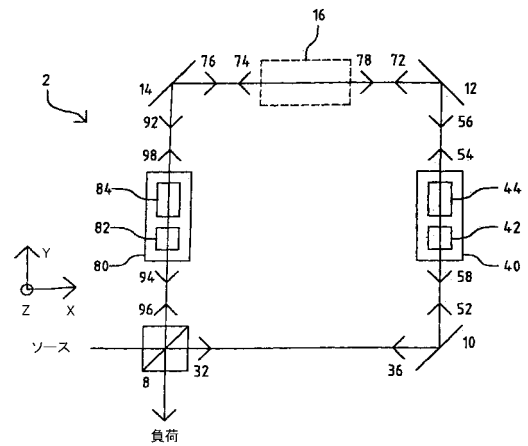
50

- 22 可逆性回転子
- 24 非可逆性回転子
- 60、80 偏光回転装置
- 100 非線形結晶
- 102 スプリッタ
- 112、114 線路引伸ばし器
- 130 スプリッタ

【図 1】

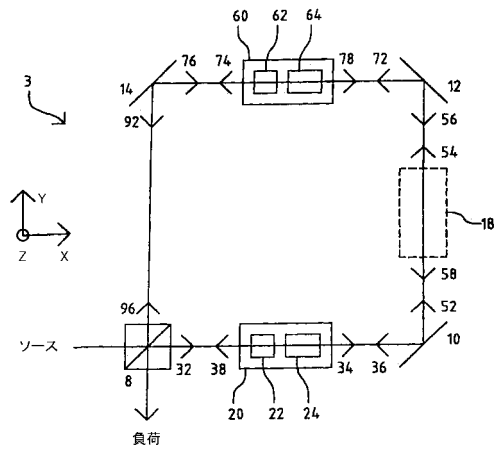


【図 2】

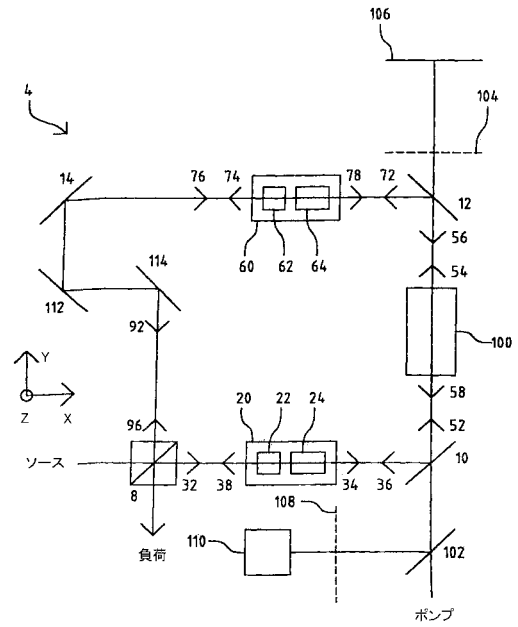




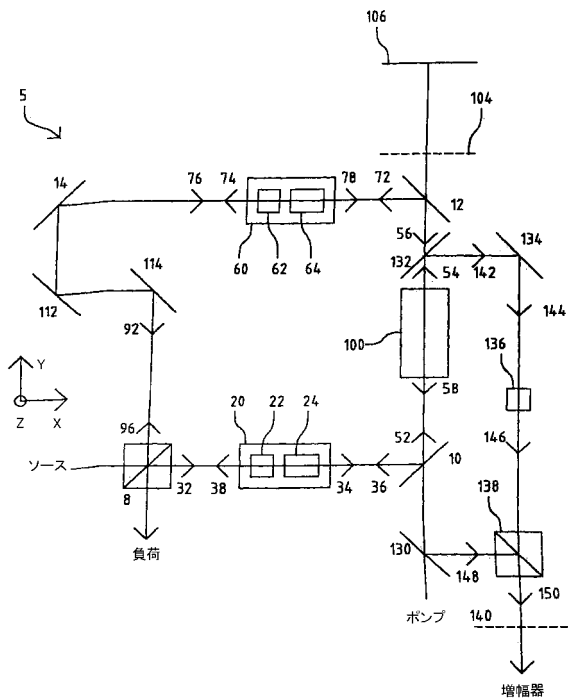
【図 3】



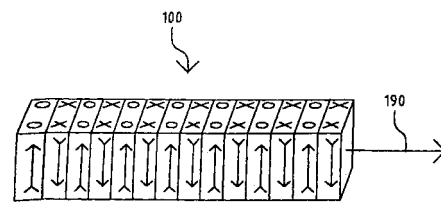
【図 4】



【図 5】



【図 6】



---

フロントページの続き

(72)発明者 グレゴリー・エス・リー

アメリカ合衆国カリフォルニア州 9 4 0 4 3 , マウンテンビュー , アンナ・アベニュー・ 3 5 7

Fターム(参考) 2H049 BA05 BA08 BA42 BB03 BC21

2H099 AA02 BA17 CA08

2K002 AB12 BA01 CA03 DA01 FA27 HA19 HA20