

(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2004-4037

(P2004-4037A)

(43) 公開日 平成16年1月8日(2004.1.8)

(51) Int.Cl.⁷

G01M 11/00

G01N 21/21

F I

G01M 11/00

G01N 21/21

T

Z

テーマコード (参考)

2G059

2G086

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2003-106374 (P2003-106374)
(22) 出願日 平成15年4月10日 (2003.4.10)
(31) 優先権主張番号 10/135,481
(32) 優先日 平成14年4月29日 (2002.4.29)
(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 100081721

弁理士 岡田 次生

(74) 代理人 100105393

弁理士 伏見 直哉

(74) 代理人 100111969

弁理士 平野 ゆかり

最終頁に続く

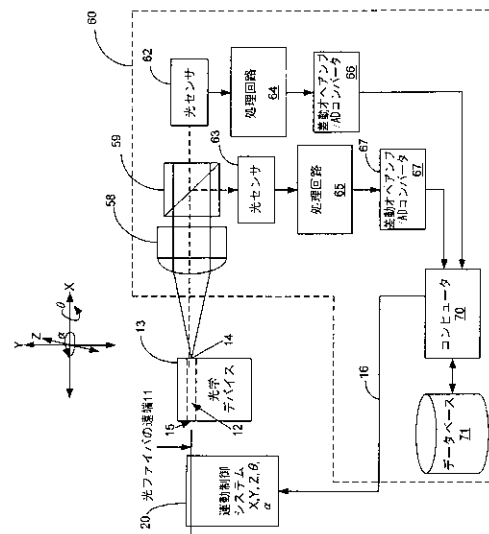
(54) 【発明の名称】 光学デバイスの1つ又は複数の導波路をテストするシステム

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 光学デバイスをテストするのに適切な偏波状態を実現し、導波路から出力された光の偏派状態を判定する方法及び装置を提供する。

【解決手段】 テスト対象光学デバイス(DUT)13の光導波路12のテストの前に、導波路の入力側で、偏波コントローラによって生成された特定の偏波状態を備える光が偏波コントローラから光ファイバの先端部に出力され、光ファイバの反対側の先端部11からDUTの導波路に入射する光の偏波状態を計測システムによって分析し、光の偏波状態が変化しているかどうかを判定する。そして、必要に応じて偏波コントローラを調節し、光ファイバによって引き起こされた偏波状態の変化を補償する。その上で、導波路の出力側で導波路から出力される光の偏波状態を計測システム60によって分析し、導波路を伝播した光の偏波状態に対するDUTの導波路の影響を判定する。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

入力と出力を備える少なくとも 1 つの光導波路を有するテスト対象光学デバイスをテストするシステムであって、
特定の偏波状態を備え、光ファイバの起端に結合され、前記光ファイバの遠端から出力される光ビームを生成する偏波コントローラと、
前記偏波コントローラによって生成され、前記光ファイバの遠端から出力された光を受光するように配置されたレンズと、
前記レンズによって集束された光を受光するように配置され、この光を個別の偏波成分に分離するビームスプリッタと、
前記ビームスプリッタからの前記個別の偏波成分の第 1 成分を受光するように配置され、前記個別の偏波成分の第 1 成分に対応する電気信号に変換する第 1 光センサと、
前記ビームスプリッタからの前記個別の偏波成分の第 2 成分を受光するように配置され、前記個別の偏波成分の第 2 成分に対応する電気信号に変換する第 2 光センサと、
前記第 1 及び第 2 光センサから前記電気信号を受信し、計測アルゴリズムに従って前記電気信号を処理して前記光ファイバの遠端から出力される光の偏波状態を判定する処理ロジックと、
を有するシステム。

10

【発明の詳細な説明】

【0001】

20

【発明の属する技術分野】

本発明は光学デバイスに関し、更に詳しくは光学平面光波回路デバイスの 1 つ又は複数の導波路をテストし、導波路に入射した光の偏波状態に対する導波路の影響を判定する方法、装置、及びシステムに関する。

【0002】

【従来の技術】

平面光波回路 (PLC) デバイスは、その内部を伝播する光の偏波状態に対してしばしば予期せぬ影響を与えることがある。これらの影響をリアルタイムで理解し定量化することにより、優れた PLC デバイスの設計が可能になる。偏波消光比 (PER) は、1 つの偏波状態の電界振幅とその他の偏波状態の電界振幅間の比率の尺度である (例えば、互いに直交する水平及び垂直偏波成分の比率)。通常、PLC デバイスの場合には、PLC デバイスの基板に平行な状態 (一般に、水平成分と呼ばれる) と基板に垂直な状態 (一般に、垂直成分と呼ばれる) の観点で偏波状態を評価しており、この場合の PER は、水平偏波成分と垂直偏波成分間の比率となる。

30

【0003】

前述のように、PLC デバイスの場合には、デバイス内を伝播する信号の偏波状態に予期せぬ影響を与えることがある。これらの影響には、例えば、偏波状態のスクランブルや PLC デバイス内部の中心波長のシフトなどが含まれる。これらはいずれも望ましくない影響であり、例えば、光学デマルチプレクサ PLC の場合には、各チャネル上の中心波長がわずかにシフトすることが観測されている。

40

【0004】

PLC デバイスをテストし、内部を通過する光の偏波状態に対する PLC デバイスの影響を判定する周知の技法は、1) 偏波コントローラに接続された所定の長さの光ファイバを介して偏波コントローラから PLC デバイスの導波路に光を入射させる段階、2) PLC の導波路から出力された光を受光する段階、及び 3) 導波路から出力された光の偏波状態に対する PLC の影響を計測する段階を有している。しかしながら、このような技法では、光ファイバの先端から導波路の入力に入射する光の偏波状態が偏波コントローラから出力された光の偏波状態と同一であることを前提としている。即ち、この技法においては、光が偏波コントローラから放出される時点と当該光が光ファイバの先端部から導波路の入力に入射する時点の間で光ファイバが光の偏波状態に影響を与えないと仮定しているので

50

ある。

【0005】

特許文献1（以下、「597特許」と称する）には、偏波依存性損失（PDL）を算出する決定論的な方法を使用するシステム及び方法が開示されている。この技法の場合、テスト対象光学デバイス（DUT）の偏波依存性損失を算出するために4つの固有の偏波入力状態を必要としており、この特許では、一旦選択した後に、4つの偏波状態のそれぞれが光タップの長さにわたって（即ち、偏波コントローラに接続されている光タップの端部からDUTの入力までの全区間で）維持されると仮定している。即ち、光タップ自体によって引き起こされる偏波状態の変化が考慮されていないのである。

【0006】

本発明によれば、光の偏波状態は、例えば、使用する光ファイバのタイプ、使用する光ファイバの長さ、及び／又は光ファイバの空間的な動きなどの様々な要因により、偏波コントローラと光がPLCDUTに入射する光ファイバの先端部の間で変化し得ることが判明しており、光がPLCデバイスに入射する光ファイバの先端部における光の偏波状態は、これらのすべての要因によって変化する可能性があるのである。

【0007】

【特許文献1】

米国特許第5,371,597号明細書

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

従って、光ファイバの先端部からPLCDUTに入射する光の偏波状態を計測し、この結果、必要に応じて光ファイバの先端部からPLCに入射する光の偏波状態を調節し、DUTをテストするのに適切な（又は、望ましい）偏波状態を実現することができる方法及び装置に対するニーズが存在している。更には、導波路を伝播した光の偏波状態に対する導波路の影響を判定するために、導波路から出力された光の偏波状態（例えば、PER及び／又はPDL）の判定を可能にするデバイスに対するニーズも存在しているのである。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明は、テスト対象光学デバイス（DUT）の光導波路の入力及び／又は出力において（両方が好ましい）光を分析する能力を有する計測システムを提供する。導波路の入力側では、偏波コントローラによって生成された特定の偏波状態を備える光が偏波コントローラから光ファイバの先端部に出力される。そして、光ファイバの反対側の先端部からDUTの導波路に入射する光の偏波状態を計測システムによって分析し、光の偏波状態が光ファイバによって変化しているかどうか、及び変化している場合には、どの程度変化しているのかを判定する。そして、必要に応じて偏波コントローラを調節し、光ファイバによって引き起こされた偏波状態の変化を補償する。一方、導波路の出力側では、導波路から出力される光の偏波状態を計測システムによって分析し、導波路を伝播した光の偏波状態に対するDUTの導波路の影響を判定する。

【0010】

好適な実施例によれば、偏波コントローラから最も離れた光ファイバの先端部で光ファイバの先端部から出力される光を計測システムによって取得して分析する。具体的には、計測システムのコンピュータにより、光ファイバの先端部から出力される光の偏波消光比（PER）及び／又は偏波依存性損失（PDL）を判定し、これらの計測値のいずれか又は両方に基づいて偏波コントローラを調節して光ファイバによる光の偏波状態の変化を補償する必要があるかどうかを判定する1つ又は複数のアルゴリズムを実行する。そして、偏波コントローラを調節する必要があると判定された場合には、コンピュータによって生成されたフィードバック信号が偏波コントローラに供給され、偏波コントローラが生成する光の偏波状態を調節して光ファイバによって引き起こされた偏波状態の変化を補償する。

【0011】

導波路の出力においては、導波路から出力される光を計測システムによって取得して分析

10

20

30

40

50

する。具体的には、計測システムのコンピュータにより、導波路から出射される光の偏波状態を分析し、導波路に入射した光の偏波状態に対するDUTの導波路の影響を判定する1つ又は複数のアルゴリズムを実行する。この判定結果は、例えば、DUTの導波路が適切に動作しているかどうかなどの判定に使用することができる。光ファイバの遠端から出力される光の場合と同様に、この場合にも、PER及び/又はPDLを判定及び分析し、導波路を伝播する光の偏波状態に対する導波路の影響を判定することができる。

【0012】

光ファイバの遠端から出力される光の分析に使用する本発明の計測システムは、偏波コントローラ、レンズ、ビームスプリッタ、第1及び第2光センサ、及び処理ロジックを有している。偏波コントローラが特定の偏波状態を備える光ビームを生成し、この光ビームが光ファイバの起端に結合される。そして、光ファイバの遠端から出力されたこの光をレンズが受光してビームスプリッタ上に集束し、ビームスプリッタが光ビームを第1及び第2偏波成分に分離する。これらの偏波成分は、互いに直交又は非直交関係にあってよい(即ち、それらの間に90°又はこれ以外の角度を備えるか、或いは、円偏波されていてもよい)。第1光センサは、ビームスプリッタから第1偏波成分を受光して対応する電気信号に変換するように配置されており、第2光センサは、ビームスプリッタから第2偏波成分を受光して対応する電気信号に変換するように配置されている。

10

【0013】

処理ロジックは、コンピュータ及びその他の回路を含んでおり、第1及び第2センサから電気信号を受信して特定の方法で処理し、コンピュータによる処理に適した電気信号に変換する。そして、コンピュータが計測アルゴリズムに従ってそれらの電気信号を処理する。処理ロジックは、光ファイバの遠端から出力された光の偏波状態を判定し、必要に応じて補償フィードバック信号を偏波コントローラに供給し、偏波コントローラが光ファイバの起端に入射させる光の偏波状態を調節する。この結果、光ファイバの遠端から導波路の入力に入射する光の偏波状態を検出すると共に制御することが可能になる。

20

【0014】

導波路から出力される光の場合にも、計測システムは、前述の計測システムと同一の要素を有している(但し、偏波コントローラは除く)。この計測システムの処理ロジックのコンピュータは、光を分析しDUTの導波路によって偏波状態が変化したかどうか、そして、変化している場合には、その変化の程度を判定する。この分析結果から、導波路を伝播した光の偏波状態に対する導波路の影響を判定することができる。この場合、コンピュータはPER及び/又はPDLも判定し、これらの判定結果を使用して導波路を伝播する光の偏波状態に対する導波路の影響を判定する。

30

【0015】

偏波成分間の比率(例えば、PER)を計測する理由は、分析データを正規化するためである。この結果、導波路の入力での偏波比率を導波路の出力での偏波比率と比較することにより、DUTによる結合損失を考慮することなく、導波路を通過する光の偏波状態に対する導波路の影響を判定することができる。

【0016】

光ファイバの遠端と導波路の出力において光を分析する計測システムは、まったく別のものである必要はなく、これらの各システムの1つ又は複数のコンポーネントをシステム間で共有することができる。実際に、これら2つの計測システムの組み合わせは、例えば、計測アルゴリズムを実行して前述の判定を行うコンピュータなどの可能な或いは望ましいコンポーネントを共有する単一の計測システムとして見なすことができる。しかしながら、例証と説明を容易にするために、本発明についての説明は、まったく別の2つの計測システムを使用するという前提で行われる。

40

【0017】

本発明のこれら及びその他の特徴と利点は、以下の説明、図面、及び請求項によって明らかになるであろう。

【0018】

50

【 発 明 の 実 施 の 形 態 】

本発明では、光が光導波路の入力に結合される光ファイバの先端部と光導波路の出力の両方で偏波成分間の比率を計測し、P E Rを取得すると共にノ又は偏波依存性損失(P D L)を判定することが望ましい。特定の偏波状態を備える光が偏波コントローラによって生成され、光ファイバの起端に結合される。そして、偏波ビームスプリッタが、個別の経路に沿って伝播するよう、この光の偏波成分を分離する。尚、これらの偏波成分は、互いに直交又は非直交の関係にあつてよく、或いは、円偏波されていてもよい。続いて、各経路に沿って配設されているそれぞれの光センサが、当該経路上の光の強度を計測し、対応する光信号を電気信号に変換する。このようなシステム構成により、これらの計測及び変換タスクは各経路ごとに略同時に実行可能であり、この結果、分離された各成分に対応する電気信号をリアルタイムで分析することによって有意な情報を導出することができる。尚、これらの機能は、光ファイバの遠端とテスト対象導波路の出力の両方で実行することが好ましい。

10

【 0 0 1 9 】

ビームスプリッタの選択内容が、計測可能な消光比のレベルに直接的に影響する可能性が高い。従って、30dbの消光比を計測可能なグラン-トンプソン(G l a n - T h o m p s o n)ビームスプリッタやこれに類似したタイプのビームスプリッタなどの高品質のビームスプリッタを使用することが好ましい(これは、必ずしも要件ではないが、非常に高精度の計測値を得るためには好ましい)。

【 0 0 2 0 】

前述のように、本発明によれば、導波路の入力(即ち、光ファイバの遠端)と導波路の出力の両方でそれぞれの偏波状態の強度を計測する。そして、D U Tの導波路の入力で実行した測定内容を使用してフィードバック信号を生成し、偏波コントローラに送って偏波コントローラから出力される光の偏波状態を調節することにより、光ファイバの先端部からP L C D U Tの導波路の入力に入射する光の偏波状態の検出及び制御を可能にして適切なものにする。一方、P L C D U Tの導波路の出力で実行する計測は、P L C D U Tが偏波状態にどのような影響を及ぼしているかを判定するためのものであり、これは、例えば、特定のP L C或いは特定タイプのP L C群が顧客への出荷に適しているかどうかを判定するために実行する。

20

【 0 0 2 1 】

これらの計測を実行する前に、偏波コントローラに接続された光ファイバをP C L D U Tの光導波路の入力とアライメントする必要がある。従って、本発明の方法及び装置について説明する前に、アライメントを実行する方法について図1及び図2を参照して説明する。尚、この作業の実行に使用可能なアライメントシステムは多数存在しており、そのようなシステムは一般に本発明で使用するのに適していることに留意されたい。従って、以下に説明するアライメントシステムは、この作業を実行するための方法の一例に過ぎない。更には、光ファイバの遠端で実行する計測は、光ファイバを導波路とアライメントせずに行ってもよいことに留意されたい。但し、本発明の計測システムの安定性を向上させるには、後からの光ファイバの移動によって光ファイバに入射する光のP E R及びノ又はP D Lが影響を受けないよう、事前にアライメントを実行しておくのが好ましい。

30

40

【 0 0 2 2 】

図1は、アライメントシステム10のブロックダイアグラムであり、図2は、光ファイバの先端部11を導波路12の入力15とアライメントするために、運動制御システム20と協働してシステム10が実行するアライメントアルゴリズムを示すフローチャートである。アライメントシステム10は、アライメントシステム10から運動制御システム20へのライン16で示されているように、フィードバック信号を生成して運動制御システム20に供給する。この運動制御システム20としては、シンボル及びで示されているように、光ファイバの先端部11のX、Y、及びZ平面における移動と2つの平面における回転を可能にする5つの個別のリニアドライブモーター(図示されていない)によって制御されるステージ(図示されていない)を有する5軸運動制御システムが好ましい。尚

50

、シンボル は、光ファイバの長手軸（この場合には、X 軸）を中心する回転に対応しており、これは、通常、「ロール」と呼ばれている。一方、シンボル は、「ヨーイング」を表し、Z 軸を中心とした X、Y 平面での光ファイバの長手軸の回転に対応している。

【0023】

運動制御システム 20 のリニアドライブモーターは、プロセッサ（図示していない）とインターフェイスしており、このプロセッサが個別のモーターを介して 5 つの軸の運動を制御すると共にそれらの個別の位置を記録している。この運動制御システム 20 のプロセッサがコンピュータ 6 から出力されたフィードバック信号を受信し、このフィードバック信号に従って軸の運動を制御する。尚、これらの作業を実行可能であると共にこの目的に適した運動制御システムは周知であり、図 1 はファイバの先端部 11 をアライメントするのに適した運動制御システムの一例を示しているに過ぎない。 10

【0024】

本実施例においては、アライメントシステム 10 は、レンズ 2、光センサ 3、及び処理ロジックを有しており、この処理ロジックには、処理回路 4、差動オペアンプ / A/D コンバータ（ADC）5、コンピュータ 6、及びメモリ要素 7 が含まれている。レンズ 2 は、例えば、平凸レンズであり、このレンズ 2 は、DUT 13 の光導波路 12 を伝播し先端部 14 から放射された光を受光する。光導波路 12 の出力 14 から放射された光は円錐状のビームとなっており、レンズ 2 はこれを平行化して光センサ 3 上に導波する。この光センサ 3 は、例えば、フォトダイオードである。

【0025】

光センサ 3 は、入射した光の量（即ち、強度）に関連した電気信号を生成し、この光センサ 3 によって生成された電気信号が処理回路 4 に出力される。そして、処理回路 4 において信号は適切な利得に増幅されると共にフィルタ処理されてノイズが除去される。差動オペアンプ及び ADC 回路 5 は、増幅及びフィルタ処理されたこの差動アナログ信号を受信し、コンピュータ 6 で処理するためにデジタル信号に変換する。コンピュータ 6 は、メモリ要素 7 に保存されているデータと ADC 5 から受信したデジタル信号を組み合わせで使用し、ファイバの先端部 11 が光導波路 12 の入力 15 とアライメントしているかどうかを判定する。そして、コンピュータ 6 は、フィードバック信号（ライン 16 によって示されているもの）を運動制御システム 20 に出力し、このフィードバック信号に従って運動制御システムが光ファイバの先端部 11 の空間的な位置を調節する。 20 30

【0026】

前述のように、図 2 のフローチャートは、このアライメントアルゴリズムの機能を示している。通常、DUT は多層デバイスであり、導波路が存在する層をまず判定する必要がある（即ち、層内部での導波路の水平位置を判定する前に、層自体の位置を判定する必要がある）。導波路が存在する層を検出するために、運動制御システム 20 は、図 2 のブロック 21 で示すように、光ファイバの先端部 11 で少なくとも 1 回垂直方向に走査する。この走査動作は、小さな移動ウィンドウ内で実行可能であり、このウィンドウは、例えば、X 平面での幅が 50 マイクロメートル（ミクロン）、Y 平面における高さが 200 ミクロンであり、このウィンドウは DUT のサイズとアライメント及び運動制御システムの構成に関連するその他の実装の細部によって異なる。 40

【0027】

通常、アライメントアルゴリズムを実行するコンピュータ 6 は、図 2 のブロック 21 で示すように、電圧レベルを分析し、いつピーク電圧が検出されたかを判定する。図 2 のブロック 22 及び 23 に示すように、このピーク電圧を検出するまでこの垂直方向の走査は継続され、アライメントアルゴリズムは電圧レベルの分析を継続して様々な垂直方向の位置でピークを検出する。そして、ピークが検出されたらコンピュータ 6 が判定すると、運動制御システムにより、ファイバの先端部 11 がそのピークに対応する Y 位置に維持される。そして、導波路が存在する層の検出が完了すると、図 2 のブロック 24 に示すように、水平方向の走査を実行し、導波路層内部における導波路の正確な位置を判定する。この水平方向の走査は、X 平面において DUT の一端から他端に向かって（又は、小さなウィン 50

ドウの内部において) 実行することができる。電圧レベルはX位置に応じてわずかに変化するが、1つの地点でその他のものよりも大きなピーク電圧が検出され、これが導波路のX位置に対応している。複数の電圧ピークが検出される場合があるが、導波路のX位置に対応するものは1つだけであり、ブロック25及び26に示すように、アライメントアルゴリズムは導波路のX位置に対応する真のピークが検出されるまで電圧レベルデータの分析を継続する。

【0028】

図3は、図1に示されているアライメントシステム用の処理回路4の概略図であり、これは図4及び図5を参照して後程詳述する本発明の計測システムの処理回路の好適な実施例にも対応している。この処理回路4は、即ち、ノイズのフィルタ処理、飽和の防止、及びオペアンプ/A D C 5がコンピュータ6の処理に適したデジタル信号に変換できるように十分な利得を光センサ3からの出力信号に提供するという3つの主要機能を実行するものである。図3に示すこの回路4は、具体的には、1) 広い範囲の電圧レベルを大量の有意な情報を含む高分解能のデジタル数値にデジタル化できるよう、広いダイナミックレンジを光センサ3の出力に対して提供し(即ち、飽和の防止)、2) 低ノイズのベースを提供し、3) 光センサ出力信号のノイズを除去又は軽減すると共に、4) 低コストで単一電源のみで実装可能なように構成されている。光センサ3と処理回路4の組み合わせのダイナミックレンジは、情報の消失を防止するためにビームスプリッタの消光比よりも大きくなければならない。例えば、ビームスプリッタのダイナミックレンジが30 dbであれば、光センサ3と処理回路4の組み合わせのダイナミックレンジは、例えば、33 db 10 20

【0029】

A D C 5は、例えば、16ビットのA D Cであり、これは、広範囲のアナログ電圧レベルを16ビットのデジタル値に変換する能力を有している。D1は、図1に示す光センサ3を表しており、光起電モードで動作するフォトダイオードであることが好ましい。増幅器32は、非常に低いバイアス電流と非常に低いオフセット電圧を備えたオペアンプであり、これにより、この回路のダイナミックレンジが非常に広がっている。これは、この処理回路4が、光センサの低い出力電圧を検出して適切なレベルに増幅する能力を備えると共に、導波路を検出した際などの高電圧を光センサが出力した場合にも増幅器32が飽和しないことを意味している。従って、導波路の検出中にファイバの先端部が導波路と正確にアライメントされていない場合にも増幅器32が飽和せず受光する光の量に比例した電圧レベルが維持されるため、非常に正確なアライメントを実現することが可能になる。 30

【0030】

フォトダイオードD1からの電流出力は、このダイオードに入射する光の量に比例している。ダイオードD1は、光ファイバの先端部11から入射する光以外のすべての光がダイオードに入射するのを少なくとも実質的に防止するハウジング(図示していない)内に取り付けられている。電気処理回路4は、電流を電圧に変換できるトランスインピーダンス増幅器32を有している。フォトダイオードD1の出力は電流であり、この電流が増幅器32によって電圧信号に変換されるのである。フォトダイオードD1の出力は増幅器32の反転端子(負符号)に接続されており、増幅器32がフォトダイオードD1から出力された電流に比例する電圧を生成するが、この出力電圧は、D1電流がフィードバック抵抗器R1を通過して出力に流れる際に生成される。このR1の値は、例えば、10,000(10k)である。又、フィードバックループ内のコンデンサC1は、安定化させるためのものであり、高周波ノイズをフィルタ処理して除去することにより、増幅器32の出力が発振するのを防止している。このC1の値は、例えば、100ピコファラッド(pF)である。 40

【0031】

増幅器32の出力電圧は抵抗器R3を通過するが、この値は、例えば、1.6kである。この抵抗器R3の後に、接地された並列コンデンサC3が存在しており、このコンデンサC3の値は、例えば、0.1pFである。このコンデンサはローパスフィルタとして機 50

能し、「+出力」の出力信号のノイズをフィルタ処理して除去する。ダイオードD2は増幅器32の正の端子に第2基準電圧を供給し、これによって増幅器用の第2電源が不要になっている。このD2によって供給される基準電圧は、例えば、1.235Vである。従って、回路4は、増幅器32用に単一の5V電源31を利用しているのである。負電圧供給端子33は、図示のごとく接地されている。増幅器32の正の入力端子（正符号）における基準電圧を+1.235Vだけバイアスすることにより、増幅器32の入力が増幅器32の正及び/又は負のレールに位置することを防止しており、これは、この特定の増幅器及びこの電気処理回路4の特定の実装にとって望ましい。即ち、増幅器32の入力が正及び負のレールに移行すると、ノイズが増幅器の出力信号に注入され、線形性が失われることになるのである。

10

【0032】

+5V電源36は、増幅器32に電圧を供給する同一の電圧源から供給されている。コンデンサC2は、この供給電圧36からノイズを除去しており、このC2の値は、例えば、0.1マイクロファラッド(μF)である。そして、R2は、D2を介した電流の流れを制限しており、コンデンサC4は、増幅器32の正の入力端子の1.235Vの基準電圧を安定させるバイパスコンデンサであり、このコンデンサC4の値は、例えば、0.1 μF である。抵抗器R4は「+出力」と「-出力」の両方の出力電圧のインピーダンスを整合させるように機能し、この抵抗器R4の値は、例えば、1.6kである。

【0033】

無論、フォトダイオードD1の出力に直列に抵抗器を配置して電流を電圧信号に変換するなどのその他の実装を使用することにより、フォトダイオードからの電流出力を電圧に変換することも可能であるが、抵抗器を追加すると、生成されるノイズが増加して望ましくない。又、別の負の供給電圧をオペアンプ32の供給端子33に接続した場合は、図示の2つの出力とは異なり、処理回路4が単一の出力を備えるようになる。この場合には、コンポーネントD2、R2、C2、R4、及びC4は不要となるが、図3に示す実施例は、フォトダイオードD1の出力ダイナミックレンジが大きく、且つノイズが最小化されており、処理回路4として非常に適当なものになっている。更には、別の電源を追加すると、処理回路4の全体的なサイズが大きくなると共に、処理回路4の関連コストも上昇する。図3に示す実施例を使用すれば、処理回路4を非常に小さなプリント回路基板（図示していない）上に配置することが可能になり、フォトダイオードD1が基板上での最大のコン

20

30

【0034】

光ファイバの先端部11とPLCDUT13の導波路の入力15のアライメントが完了すれば、本発明により、PER及び/又はPDL及び/又はその他の偏波測定値を取得する。前述のように、本発明は、導波路12の入力15の前と導波路12の出力14の後に実装することが好ましい。しかしながら、当業者であれば、本明細書における説明内容から、導波路12の入力15又は出力14のいずれかのみにおける計測値の取得も有用であることを理解するであろう。

【0035】

1つの図面でこれら両方の計測構成（即ち、導波路の入力と出力における計測）を示すことは困難であるため、図4を使用して光ファイバの先端部11での計測値の取得について説明し、図5を使用して光導波路の出力での計測値の取得について説明する。

40

【0036】

図4では、計測システム40を使用してフィードバック信号を偏波コントローラ41に供給することにより、光ファイバの先端部11から光導波路12の入力に入射する光の偏波状態を検知すると共に、制御できるようになっている。通常、偏波コントローラ41は、このフィードバック信号により、光ファイバによって引き起こされた光の偏波状態の変化を補償するべく、出力光の偏波状態を変化させる。尚、わかりやすくするために、図4にはPLCDUTを示してはいない。又、運動制御システム20は、PLCDUTの導波路の入力とアライメントした位置にファイバの先端部11が維持されることを表すため

50

に示されている。

【 0 0 3 7 】

計測システム 4 0 が光を分析すると共に、必要に応じてフィードバック信号を偏波コントローラ 4 1 に送って出力光の偏波状態を調節する間、運動制御システム 2 0 がファイバの先端部 1 1 のアライメントを維持している。計測システム 4 0 は、アライメントシステム 1 0 と同一の（但し、必ずしも同一である必要はない）コンポーネントを利用している。例えば、図 1 及び図 4 の光センサ 3、4 2、及び 4 3 は同一のものであってよい。同様に、図 1 及び図 4 の処理回路 4、4 4、及び 4 5、並びに差動オペアンプ / A D C 回路 5、4 6、及び 4 7 も同一のものであってよい。従って、これらのコンポーネントの動作に関する更なる説明は省略する。尚、図 1 及び図 4 のレンズ 2 及び 3 8 も同一であってよい。 10

【 0 0 3 8 】

再び図 4 を参照すれば、運動制御システム 2 0 がファイバの先端部 1 1 のアライメントを維持している間に、ファイバの先端部 1 1 から出力された光がレンズ 3 8 によってビームスプリッタ 3 9 上に集束される。ビームスプリッタ 3 9 は、2 つの異なる偏波成分（例、水平及び垂直）を分離し、それらを光センサ 4 2 及び 4 3 にそれぞれ供給する。前述のように、これらの偏波成分は角度によって分離されるが、それらは必ずしも互いに直交している必要はない。コンポーネント 4 4 ~ 4 7 は、前述のそれぞれの機能を実行し、この結果、コンピュータ 5 0 は、コンポーネント 4 6 及び 4 7 からデジタル信号を略同時に受信する。次に、コンピュータ 5 0 は、P E R 及び / 又は P D L 判定アルゴリズムを実行し、偏波コントローラ 4 1 に供給するフィードバック信号 5 2 を生成する。例えば、コンピュータ 5 0 は、センサ 4 2 又は 4 3 のいずれかによって受光された光に対応するデジタル信号を取得し、それをセンサ 4 2 又は 4 3 のもう一方によって受光された光に対応するデジタル信号で除算することにより、P E R 判定アルゴリズムを実行することができる。そして、P E R が正しくないか、或いは、予想したもの又は所望のものでない場合には、コンピュータ 5 0 は、フィードバック信号 5 2 を偏波コントローラ 4 1 に出力し、偏波コントローラ 4 1 から出力される光の偏波状態を調節する。例えば、偏波成分のいずれか又は両方に対応する強度レベルを調節することにより、光がファイバの先端部 1 1 から導波路の入力に入射する際のそれらのレベルを等しくすることができる。これに加えて（又は、代えて）、フィードバック信号 5 2 は、光が光ファイバを伝播した結果発生する偏波依存性損失を判定する P D L 判定アルゴリズムのコンピュータ 5 0 による実行結果に基づいたものであってもよい。 20 30

【 0 0 3 9 】

前述のように、P E R を判定することにより、計測値を正規化することが可能になる。例えば、光ファイバの先端部 1 1 と導波路の出力の両方において P E R が 0 . 1 7 であれば、これは、結合損失のいかに問わず、導波路によって偏波状態が変化しなかったことを示している。従って、偏波成分の強度の比率を使用することにより、システムの結合損失を考慮することなく、導波路が偏波状態を変化させたかどうか、及び変化させている場合にはその程度について判定を下すことができる。

【 0 0 4 0 】

図 5 は、P C L D U T 1 3 の導波路出力 1 4 から出力された光の偏波状態を分析するシステム 6 0 を示すブロックダイアグラムである。光が導波路 1 2 から出力され分析される際に必要に応じて偏波コントローラが調節されることを前提としているため、偏波コントローラはこの図から除外されている。又、運動制御システム 2 0 は、光が光ファイバの先端部 1 1 から導波路 1 2 の入力 1 5 に入射する際に、光ファイバの先端部 1 1 が運動制御システム 2 0 によってアライメント位置に維持されることを表すために示されている。 40

【 0 0 4 1 】

光は、導波路 1 2 内を伝播して導波路出力 1 4 から出力される。この光をレンズ 5 8 が平行化し、その光ビームをビームスプリッタ 5 9 を介してセンサ 6 2 及び 6 3 上に集束する。このビームスプリッタ 5 9 は、それぞれの偏波成分を分離し、各偏波成分を光センサ 6 2 及び 6 3 のいずれかの上に集束する。コンポーネント 6 2 ~ 6 7 は、図 4 のそれぞれ対 50

応するコンポーネントと同一の方法で動作し、同一の機能を実行することが好ましい。従って、図5のこれらのコンポーネントが実行する動作についての説明は省略する。

【0042】

コンピュータ70は、特定のDUT13或いは特定タイプのDUT群が顧客への出荷に適しているかどうかに関する判定を可能にするPER及び/又はPDL判定アルゴリズムを実行することができる。この場合に、PDLは、光の入力偏波状態の関数として変化すると共に導波路12内での光の伝播の結果発生する挿入損失の量に対応しており、PDLは信号劣化の原因となり得る。従って、PDLを計測し光デバイスが適切に動作しているかどうかを判定することは重要である。PDLを判定するためのアルゴリズム及び技法としては周知のものが存在しており、前述の597特許にそのいくつかの説明されている（そのすべてが本明細書に包含される）。それらの周知の技法やアルゴリズムのいずれを使用しても本発明に従ってPDLを判定することができる。同様に、PERを判定するための技法及びアルゴリズムも周知のものが存在している。又、当業者であれば理解するように、分離した偏波状態をその他の方法によって分析し、導波路が適切に動作していることを判定することも可能である。これらのいずれかの技法、或いはその組み合わせを使用し、本発明の目的を達成することができる。

10

【0043】

本発明は、要すれば、(1)光ファイバの先端部11をDUTの光導波路の入力と適切にアライメントし、(2)光ファイバの先端部11から放射される光が既知の偏波状態を備えるように偏波コントローラを調節し、(3)導波路から出力された光を適切に分析し、導波路を伝播する光の偏波状態が導波路によって変化するかどうかを判定するものである。本発明により、これらの段階を実行することによってDUTを適切にテスト及び評価し、顧客への出荷に適しているかどうかを判定することができる。

20

【0044】

尚、本明細書で説明した実施例は、本発明を実施する特定方法の例に過ぎないことに留意されたい。前述のとおり、本発明は、添付の図面に示されている特定の実装の詳細に限定されるものではなく、例えば、処理回路として必要な機能を実行する処理回路には、多数の実装を導出することができる。又、本発明は、DUTから出力された光を光センサ上に集束する特定のレンズシステムに制限されるものでもなく、更には、本発明の光センサも特定の光センサに制限されはしない。但し、光センサは、3mmフォトダイオードなどのフォトダイオードであることが好ましく、レンズは、厚さが5.2mmで直径が5.0mmであり、10mmの焦点距離を備え、1550nmの反射防止コーティングが施された平凸レンズが好ましい。しかしながら、当業者であれば、本明細書の説明内容から、本発明がこれらの特定の実装のいずれにも制限されず、本明細書で説明した実施例及びコンポーネントには多数の変形が可能であり、それらの変形も本発明の範囲内に含まれることを理解するであろう。

30

【0045】

又、図1、図4、及び図5には、アライメントと計測動作を実行する個別のコンポーネントが示されているが、冗長性を回避しシステムコストを削減するために、同一機能を実行する図1、図4、及び図5のコンポーネントを共有してアライメント及び計測動作を実行することができる。例えば、図1、図4、及び図5に示されているものなどの単一のコンピュータ及びデータベースをシステム10、40、及び60のそれぞれに接続し、前述のアルゴリズムのそれぞれを実行するようにプログラムすることができる。当業者であれば、前述の実施例に対してその他の変更をどのように実行すればよいか、並びに本発明の概念、原理、及び目的を利用するそのような変更が本発明の範囲内に含まれることを理解するであろう。

40

【0046】

この発明は例として次の実施形態を含む。

【0047】

(1)入力と出力を備える少なくとも1つの光導波路を有するテスト対象光学デバイスを

50

テストするシステム（４０）であって、
特定の偏波状態を備え、光ファイバの起端に結合され、前記光ファイバの遠端（１１）から出力される光ビームを生成する偏波コントローラ（４１）と、
前記偏波コントローラ（４１）によって生成され、前記光ファイバの遠端（１１）から出力された光を受光するように配置されたレンズ（３８）と、
前記レンズ（３８）によって集束された光を受光するように配置され、この光を個別の偏波成分に分離するビームスプリッタ（３９）と、
前記ビームスプリッタ（３９）からの前記個別の偏波成分の第１成分を受光するように配置され、前記個別の偏波成分の第１成分に対応する電気信号に変換する第１光センサ（４２）と、
前記ビームスプリッタ（３９）からの前記個別の偏波成分の第２成分を受光するように配置され、前記個別の偏波成分の第２成分に対応する電気信号に変換する第２光センサ（４３）と、
前記第１及び第２光センサ（４２、４３）から前記電気信号を受信し、計測アルゴリズムに従って前記電気信号を処理して前記光ファイバの遠端から出力される光の偏波状態を判定する処理ロジック（４４、４５、４６、４７、及び５０）と、
を有するシステム（４０）。

10

【００４８】

（２）前記処理ロジック（４４、４５、４６、４７、及び５０）が前記光ファイバの遠端（１１）から出力される光の偏波状態を変更するべきであると判定した場合に、前記処理ロジック（４４、４５、４６、４７、及び５０）は、前記偏波コントローラ（４１）によって生成され前記光ファイバの起端に出力される光の偏波状態を調節するべく前記偏波コントローラ（４１）に送信されるフィードバック信号を生成する（１）記載のシステム（４０）。

20

【００４９】

（３）テスト対象光学デバイスをテストして該テスト対象光学デバイスが適切に動作しているかどうかを判定するシステム（６０）であって、
偏波コントローラ（４１）によって生成され光ファイバによって前記テスト対象光学デバイスの導波路（１２）の入力（１５）に結合された光を受光するように前記テスト対象光学デバイス（１３）の導波路（１２）の出力（１４）に配置されたレンズ（５８）と（前記光ファイバは、前記偏波コントローラからの光が結合される起端と該光を前記導波路（１２）の入力（１５）に結合する遠端（１１）を備えており、前記光ファイバの遠端（１１）から前記導波路（１２）の入力（１５）に結合された光は、既知の偏波状態を備えており、前記既知の偏波状態は、自動的に計測されると共に、必要に応じて、前記光ファイバの遠端から出力された光の自動的に計測された既知の偏波状態に基づいて前記偏波コントローラ（４１）を自動的に調節することにより、自動的に変更される）、
前記レンズ（５８）によって集束された前記導波路（１２）の出力（１４）からの光を受光するように配置され、前記光を個別の偏波成分に分離するビームスプリッタ（５９）と

30

、
前記ビームスプリッタ（５９）からの前記個別の偏波成分の第１成分を受光するように配置され、前記個別の偏波成分の第１成分に対応する光を電気信号に変換する第１光センサ（６２）と、

40

前記ビームスプリッタ（５９）からの前記個別の偏波成分の第２成分を受光するように配置され、前記偏波成分の第２成分に対応する光を電気信号に変換する第２光センサ（６３）と、

前記第１及び第２光センサ（６２、６３）から前記電気信号を受信して偏波状態計測アルゴリズムに従って前記電気信号を処理し、前記テスト対象光学デバイス（１３）の導波路（１２）に結合され前記テスト対象光学デバイス（１３）の導波路（１２）から出力された光の偏波状態に対する導波路（１２）の影響を判定する処理ロジック（６４、６５、６６、６７、７０）と、

50

を有するシステム（６０）。

【００５０】

（４）前記処理ロジックは、アナログ - デジタルコンバータ（４６、４７）と、コンピュータ（５０）と、を含み、前記アナログ - デジタルコンバータ（４６、４７）は前記電気信号を前記コンピュータ（５０）による処理に適したデジタル信号に変換し、前記コンピュータ（５０）は、前記デジタル信号を処理して前記光ファイバによって引き起こされた偏波依存性損失を判定する偏波依存性損失アルゴリズムを実行し、該判定した偏波依存性損失に基づき、前記偏波コントローラを調節する必要があるかどうか、及びその必要がある場合には、その程度を判定する（２）記載のシステム。

【００５１】

（５）テスト対象光学デバイスをテストする方法であって、
偏波コントローラ（４１）で特定の偏波状態を備える光ビームを生成し、該光を光ファイバの起端に結合して前記光ファイバの遠端（１１）から出力する段階と、
前記偏波コントローラ（４１）によって生成され、前記光ファイバの遠端から出力された光をレンズ（３８）によってビームスプリッタ（３９）上に集束し、該ビームスプリッタ（３９）によって前記光を個別の偏波成分に分離する段階と、
前記ビームスプリッタからの前記個別の偏波成分の第１成分を第１光センサ（４２）で受光し、前記偏波成分の第１成分に対応する光に対応する電気信号に変換する段階と、
前記ビームスプリッタからの前記個別の偏波成分の第２成分を第２光センサ（４３）で受光し、前記偏波成分の第２成分に対応する光に対応する電気信号に変換する段階と、
前記第１及び第２光センサ（４２、４３）から前記電気信号を受信する処理ロジック（４４、４５、４６、４７、及び５０）によって偏波状態計測アルゴリズムに従って前記電気信号を処理し、前記光ファイバの遠端（１１）から出力された光の偏波状態を判定する段階と、

を有する方法。

【００５２】

（６）前記処理ロジック（４４、４５、４６、４７、及び５０）が前記遠端から出力された光の偏波状態を調整する必要があると判定した場合に、フィードバック信号を生成して前記偏波コントローラ（４１）に送信し、該偏波コントローラ（４１）によって生成され前記光ファイバの起端に結合される光の偏波状態を調節する段階を更に有する（５）記載の方法。

【００５３】

（７）前記処理ロジックは、アナログ - デジタルコンバータ（４６、４７）と、コンピュータ（５０）と、を含み、前記アナログ - デジタルコンバータ（４６、４７）は前記電気信号を前記コンピュータ（５０）による処理に適したデジタル信号に変換し、前記処理段階において、前記コンピュータ（５０）は、前記デジタル信号を処理して前記偏波コントローラ（４１）から出力された光の偏波消光比を判定する偏波消光比アルゴリズムを実行し、該判定した偏波消光比に基づき、前記偏波コントローラ（４１）を調節する必要があるかどうか、及び必要がある場合には、その程度を判定する（６）記載の方法。

【００５４】

（８）テスト対象光学デバイス（１３）をテストし前記テスト対象光学デバイス（１３）が適切に動作しているかどうかを判定する方法であって、
偏波コントローラ（４１）によって特定の偏波状態を備える光を生成し、該光を光ファイバの起端に結合して前記光ファイバの遠端（１１）から出力し、前記テスト対象光学デバイス（１３）の光導波路（１２）の入力（１５）に結合する段階と、
前記導波路（１２）の出力（１４）から受光した光をレンズ（５８）によってビームスプリッタ（５９）上に集束し、前記ビームスプリッタ（５９）によって前記光を個別の偏波成分に分離する段階と、
前記個別の偏波成分の第１成分を第１光センサ（６２）で受光し、前記個別の偏波成分の第１成分に対応する光に対応する電気信号に変換する段階と、

前記個別の偏波成分の第2成分を第2光センサ(63)で受光し、前記個別の偏波成分の第2成分に対応する光に対応する電気信号に変換する段階と、

前記第1及び第2光センサ(62、63)から電気信号を受信し該電気信号を偏波状態計測アルゴリズムに従って処理し、前記導波路(12)の入力(15)に結合された光に対する前記テスト対象光学デバイス(13)の導波路(12)の影響を判定する処理ロジック(64、65、66、67、70)によって前記電気信号を処理する段階と、

を有する方法。

【0055】

(9)前記処理ロジック(64、65、66、67、70)は、アナログ-デジタルコンバータ(66、67)と、コンピュータ(70)と、を含み、前記アナログ-デジタルコンバータ(66、67)は前記電気信号を前記コンピュータ(70)による処理に適したデジタル信号に変換し、前記コンピュータ(70)は、前記デジタル信号を処理し、前記テスト対象光学デバイス(13)の導波路(12)の出力(14)から出力された光の偏波消光比を判定する偏波消光比アルゴリズムに対応する偏波状態計測アルゴリズムを実行し、該判定した偏波消光比に基づいて前記影響を判定する(8)記載の方法。

10

【0056】

(10)前記処理ロジック(64、65、66、67、70)は、アナログ-デジタルコンバータ(66、67)と、コンピュータ(70)と、を含み、前記アナログ-デジタルコンバータ(66、67)は前記電気信号を前記コンピュータ(70)による処理に適したデジタル信号に変換し、前記処理段階において、前記コンピュータ(70)は、前記デジタル信号を処理し前記テスト対象光学デバイス(13)の導波路(12)によって引き起こされた偏波依存性損失を判定する偏波依存性損失アルゴリズムに対応する偏波状態計測アルゴリズムを実行し、該判定した偏波依存性損失に基づいて前記影響を判定する(8)記載の方法。

20

【図面の簡単な説明】

【図1】光ファイバの先端部をDUTの導波路の入力とアライメントし、本発明の計測システムによる正確な計測データの取得を可能にするために使用することができるアライメントシステムの例のブロックダイアグラム

【図2】導波路の入力にアライメントされた光ファイバの先端部から出力される光の偏波状態を計測するべく、ファイバの先端部をDUTの導波路の入力とアライメントするために図1のアライメントシステムで使用方法を示すフローチャート

30

【図3】実施例による本発明の計測システムの処理回路の概略図

【図4】偏波コントローラが出力する光の偏波状態を調節するのに偏波コントローラが使用するフィードバック信号を生成する本発明の計測システムのブロックダイアグラム

【図5】DUTの導波路から出力された光を分析して導波路が適切に動作しているかどうかを判定する本発明による計測システムのブロックダイアグラム

【符号の説明】

11 光ファイバの遠端

12 導波路

13 DUT

14 導波路の出力

15 導波路の入力

38、58 レンズ

39、59 ビームスプリッタ

40、60 テストシステム

41 偏波コントローラ

42、62 第1光センサ

43、63 第2光センサ

44、45、64、65 処理回路

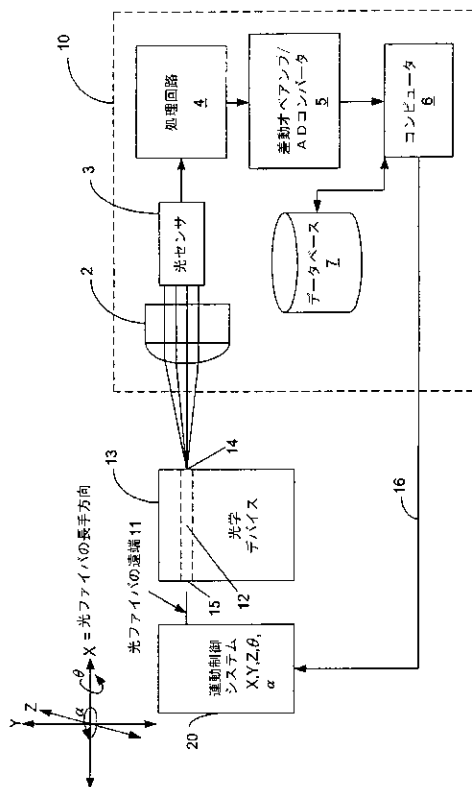
46、47、66、67 アナログ-デジタルコンバータ(ADC)

40

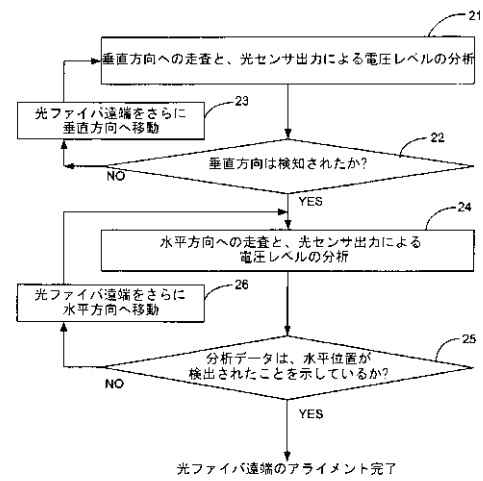
50

50、70 コンピュータ

【図 1】



【図 2】



フロントページの続き

- (72)発明者 ウィリアム・ピー・ケネディ
アメリカ合衆国 8 0 5 3 8 コロラド州ラヴランド、パインクリフ・アヴェニュー 3 5 7 7
- (72)発明者 アマンダ・ジェイ・プライス
アメリカ合衆国 8 0 5 3 8 コロラド州ラヴランド、ハーンズ・パーク・ドライブ 5 1 6 7、ナンバー 2 0 7
- (72)発明者 マックス・セミナリオ
アメリカ合衆国 8 0 5 2 5 コロラド州フォート・コリンズ、サウス・ストーヴァー 3 5 0 1、ビルディング 1、アパートメント・ナンバー 1 4
- (72)発明者 ジョン・バーナード・メドベリー
アメリカ合衆国 8 0 5 5 0 コロラド州ウィンザー、ケノーシャ・コート 6 1 8
- Fターム(参考) 2G059 AA02 BB15 EE01 EE05 JJ11 JJ17 JJ19 JJ22 KK01
2G086 EE12