

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3863369号

(P3863369)

(45) 発行日 平成18年12月27日(2006.12.27)

(24) 登録日 平成18年10月6日(2006.10.6)

(51) Int. Cl.

G02B 6/42 (2006.01)

F I

G02B 6/42

請求項の数 15 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2000-513169 (P2000-513169)	(73) 特許権者	503447472
(86) (22) 出願日	平成10年9月10日 (1998. 9. 10)		ジェイディーエス ユニフェイズ コーポ レーション
(65) 公表番号	特表2001-517811 (P2001-517811A)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95 131 サン ホセ オートメイション パークウェイ 1768
(43) 公表日	平成13年10月9日 (2001. 10. 9)	(74) 代理人	100059959
(86) 国際出願番号	PCT/US1998/018868		弁理士 中村 稔
(87) 国際公開番号	W01999/015928	(74) 代理人	100067013
(87) 国際公開日	平成11年4月1日 (1999. 4. 1)		弁理士 大塚 文昭
審査請求日	平成12年3月21日 (2000. 3. 21)	(74) 代理人	100082005
審判番号	不服2003-15884 (P2003-15884/J1)		弁理士 熊倉 禎男
審判請求日	平成15年8月18日 (2003. 8. 18)	(74) 代理人	100065189
(31) 優先権主張番号	08/934, 189		弁理士 穴戸 嘉一
(32) 優先日	平成9年9月19日 (1997. 9. 19)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 統合型波長選択送信装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光システムに使用される統合型光送信装置であって、
光ビーム発生器電流の関数である波長を有する光ビームを提供する光ビーム発生器と、
上記光ビームを集光し、そこからコリメート化された光ビームを生成するレンズ・アセ
ンブリであって、上記光ビームを集光し、合焦する第1の非球面レンズと上記コリメート
化された光ビームを発生する第2の非球面レンズとをさらに含むレンズアセンブリを有す
る光ヘッド・アセンブリであって、さらに上記第1の非球面レンズと第2の非球面レンズ
との間に配置され反射光の上記光ビーム発生器への帰還を防止する光アイソレータをさら
に含む光ヘッド・アセンブリと、

上記コリメート化された光ビームをサンプリングし、上記サンプリングされた光ビーム
の波長を示すフィードバック信号を発生する手段と、上記フィードバック信号を受信し命
令信号を発生して上記光ビーム発生器の電流を調整し予め選択された波長の光ビームを提
供する制御器とを有する波長安定化手段と、

上記光学ヘッド・アセンブリとは独立して、取付けられており、上記コリメート化され
た光ビームを受光し、受光した変調信号にตอบสนองして、変調された光ビームを提供する光変
調器、及び

上記光変調器に物理的に係止され、上記コリメート化された光ビームを受光するよう
になっており、該コリメート化された光ビームを上記光変調器に合焦するインターフェース
光学部品であって、上記光変調器との光結合を提供して、上記コリメート化された光ビー

10

20

ムに対する挿入損失を最小化し、上記統合された光送信装置の光学軸に対する直交方向 (x, y, z) の動きに対する上記光ヘッド・アセンブリと上記光変調器との間の光整列許容範囲を増大するインタフェース光学部品とを備えたことを特徴とする統合型光送信装置。

【請求項 2】

上記インタフェース光学部品は、上記光変調器に固定的に取付けられたグレーデッド屈折率レンズを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の統合型光送信装置。

【請求項 3】

上記変調信号を提供する信号発生器を更に備えたことを特徴とする請求項 1 に記載の統合型光送信装置。

【請求項 4】

上記グレーデッド屈折率レンズはその全焦点距離から短くなっており、上記変調器に結合するためのより長い光ビームを生成するようになっていることを特徴とする請求項 2 に記載の統合型光送信装置。

【請求項 5】

上記光ヘッド・アセンブリ及び上記変調器は、光基台に追従可能に取付けられていることを特徴とする請求項 1 に記載の統合型光送信装置。

【請求項 6】

上記統合型光送信装置を予め選択された温度に維持するために、上記光基台と熱的伝達状態にある加熱 / 冷却手段を更に備えたことを特徴とする請求項 5 に記載の統合型光送信装置。

【請求項 7】

上記加熱 / 冷却手段は、熱電冷却器を更に備えたことを特徴とする請求項 6 に記載の統合型光送信装置。

【請求項 8】

上記加熱 / 冷却手段は、上記光基台に追従可能に取付けられていることを特徴とする請求項 6 に記載の統合型光送信装置。

【請求項 9】

上記光基台は、ハウジングの内部表面を更に含むことを特徴とする請求項 5 に記載の統合型光送信装置。

【請求項 10】

上記光ビームは、上記光発生器の温度の関数である波長を有し、上記統合型光送信装置は、上記光ビームをサンプリングし、上記サンプリングされた光ビームの波長を表すフィードバック信号を生成する手段と、上記フィードバック信号を受け、予め選択された波長の光ビームを提供するように上記光発生器の温度を調整する、上記加熱 / 冷却手段への命令信号を生成する制御器とを有する波長安定化手段を更に備えたことを特徴とする請求項 6 に記載の統合型光送信装置。

【請求項 11】

上記波長安定化手段は、各々の光検出器に提供する前に、対の光ファイバに対して、分割サンプリングビームを提供するビーム分割器を更に備え、上記制御器は、上記光検出器からの信号の比率から上記命令信号を求めるようにしたことを特徴とする請求項 1 に記載の統合型光送信装置。

【請求項 12】

上記光ビーム発生器に電圧を加える信号を生成する手段を更に備えたことを特徴とする請求項 1 に記載の統合型光送信装置。

【請求項 13】

上記インタフェース光学部品は、上記レンズ・アセンブリに固定的に取付けられたグレーデッド屈折率レンズを含むことを特徴とする請求項 3 に記載の統合型光送信装置。

【請求項 14】

上記加熱 / 冷却手段は、ハウジングの内部表面に取付けられていることを特徴とする請求項 6 に記載の統合型光送信装置。

10

20

30

40

50

【請求項15】

上記光ビーム発生器の温度を、上記光変調器の温度と独立して調整する手段を更に備えたことを特徴とする請求項6に記載の統合型光送信装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の分野】**

本発明は、光送信装置に係り、より詳細には、レーザ・ヘッド、光変調器、及び可能であれば基準波長器を、共通パッケージ内に統合することによって、挿入損失を低減し、より広いダイナミック・レンジにわたってより高い出力を提供するとともに、システムの全体コストを低減するようにした光送信装置に関する。

10

【0002】**【関連出願のクロスリファレンス】**

本明細書に含まれたいくらかの事項は、共に本発明者所有の「単一基板上に統合化された多重光方向性結合器の製造方法及び独自変向方法」と題する米国特許出願番号第08/885,428(代理人整理番号4827-09)、「光ネットワークにおいてゲインを動的に均等化する方法及び装置」と題する米国特許出願番号第08/885,429(代理人整理番号4827-11)、「多重・波長光ビームのコンポーネント信号の振幅を測定するループ状態モニター」と題する米国特許出願番号第08/885,427(代理人整理番号4827-13)、及び「動的増幅器」と題する米国特許出願番号第08/884,747(代理人整理番号4827-14)に開示され権利請求されており、これら全てをここに参照文献として援用する。

20

【0003】**【発明の背景】**

低損失、軽量、小型で、自由度があり、しかも高い固有帯域幅を持つ光ファイバは、デジタル及びアナログ信号の伝送のための非常に望ましい媒体となる。光送信装置は、光ファイバを介して受信点に伝播する変調光信号を生成するが、ここで、光ビームは電気信号に変換される。光ビームは、光ファイバを通過させる情報を表す電気信号によって、外部において変調することが可能である。

【0004】

市販の光送信装置は、偏波保持(PM)光ファイバに相互連結した複数の個別部品で構成されている。これらの部品には、レーザ、外部光変調器、及び制御回路モジュールが含まれる。これら個別部品を含む完成した状態の光ファイバ送信装置のパッケージは、比較的、大きく、複雑である。例えば、ケーブル・テレビ(CATV)用に作られた市販の光ファイバ送信装置は、電源、制御回路、レーザ、変調器、及び増幅器を収納する、高さ3インチ以上の19インチ・ラック・ドゥローア・シャシを占有する。

30

【0005】

RF(無線周波)やマイクロ波の光ファイバ送信器の潜在的な軍事的用途は、非常に多い。もしかすると、もっとも大きな軍事的用途は、位相アンテナ式警戒システム、機上レーダ・警戒受信・方向探知・アンテナシステム、バイ・スタティック・レーダー・アンテナシステム、及び多くの船上アンテナシステムのような、遠くに取付けられたマイクロ波アンテナシステムの領域かもしれない。特に、RFやマイクロ波信号が送受信されるアンテナシステムのいずれもが、光ファイバをアンテナと受信/送信場所との間に使用した直接的信号伝送から、恩恵を受けることができる。大半のマイクロ波アンテナシステムにおいては、マイクロ波周波数信号の伝送用金属ケーブルの効率が悪いために、ダウンコンバータ/アップコンバータ・システムを、アンテナ・アパーチャの極近くに配置する必要がある。このため、周波数変換電子部品は、典型的に苛酷なアンテナ環境下において動作することを要求されており、これにより、通信制御パッケージのサイズやコストが増加し、更にプラットフォーム上のアンテナ配置に関するシステム設計者の自由度を、制限する可能性がある。また、ダウンコンバータは、通常、局部発振器の基準信号がその通信制御領域に配信されることを必要とする。

40

【0006】

50

光ファイバを通過する、本質的に「光透過性」のマイクロ波伝送パスを提供できる小型の外部変調送信モジュールが、使用できるとすれば、そこで初めて、周波数変換電子部品を、アンテナ近傍の通信制御領域から取除くことが可能となる。これにより、通信制御パッケージのサイズや複雑さが低減するだけでなく、典型的に苛酷な通信制御環境下に置かれる部品がほとんどなくなるために、システム全体の信頼性が改善される。また、周波数変換電子部品は、通常、大半のマイクロ波システムのためのダウンリンクのダイナミック・レンジを制限するため、システム性能も、実際、向上する。ダウンコンバータに関する、このパッケージ及び環境上の制約が緩和されるとすれば、ダイナミック・レンジの向上は、より現実的となる。

【 0 0 0 7 】

本発明の重要な用途は、遠距離通信であり、ここでは、大量の、音声、ビデオ、及びデータ・トラフィックを含むデジタル信号が、光ファイバを通じて伝送される。より高いデータ率を狙って、通常、送信装置は、ディストリビューテッド・フィードバック (DFB) レーザと変調器とで構成する。また、高密度波長分割多重 (DWDM) を使用したシステムも、通常、電源と、レーザ波長を安定化するためにフィードバック・ループにおいて使われる基準波長器とに分岐するファイバ・カップラを持っている。後者の機能はDWDMにとって重要であり、多くの送信装置からの光信号は、単一の光ファイバによって伝送され、更に、識別可能な波長が各光チャンネルに使われているため受信局においてそれぞれを分離することが可能である。

【 0 0 0 8 】

現在、光送信装置の部品は、分離したパッケージ、すなわち、標準DFBレーザ・ダイオード・パッケージと変調器パッケージとを組合せて作られるが、可能であれば他の2つのパッケージとして光タップ・カップラと基準波長器が加えられ、これら全ては光ファイバで相互連結される。レーザ及び変調器が楕円モードをサポートしているのに対し、ファイバ媒体は円モードをサポートしているため、レーザ・ファイバ及び変調器・ファイバのインターフェースに、顕著な結合損が生じる。その上、レーザ及び変調器入力のファイバ・ピグテールは、偏波保持ファイバとして機能する必要があり、そのため、正確に回転させなくてはならないのでパッケージのコストを増加する要因となる。これら部品の光ファイバによる相互連結を排除すれば、光損失が低減するだけでなく、送信装置内にファイバを連結し格納することに関連した送信器コストも低減する。

【 0 0 0 9 】

他の市販の光送信装置は、光変調器に固定連結されたレーザアセンブリを備えており、これは、支持台に頑強に取付けられる。光学部品を固定連結する目的は、正確な位置合わせを確実にし、それによって、光装置の価値位置ずれに起因する出力損失を低減することにある。これら送信装置の光学部品の位置合わせは、難しく且つ時間がかかるため、製造コストを増加させる。

加えて、光送信装置は、各光学部品の熱膨張係数が異なる結果として、熱変化に敏感である。送信装置の周囲温度が増減すると、各部品の熱膨張量の相違により、部品に応力が加わり、それらの光特性が変化する可能性がある。また、異なる熱膨張係数は、光学部品の配置関係を変えてしまう可能性もあり、レーザアセンブリから放射される光ビームに悪影響を与える。これは、レーザ・ダイオードから放射される光ビームが、変調器に直接集束されるため、特に重大な問題である。光学部品のわずかな移動でも、部品の位置ずれの結果として、送信装置の出力を大きく下げってしまう。G.E.C. Marconi 社によって販売されているもののような、いくらかの従来装置は、個別部品から構成されるとともに、温度安定性の維持を助長するための熱冷却器を備えている。しかし、これらの装置は、上記問題がない訳ではない。

【 0 0 1 0 】

更に、光学部品は、相互に、また支持台に強固に取付けられているため、交換、取替えできない。部品が故障したり、光ビームの波長を変更したいような場合、送信装置にダメージを与えることなく、これら部品を取外したり交換するのは容易なことではない。

10

20

30

40

50

【0011】

従って、本発明の主たる目的は、挿入損失を低減し、より広いダイナミック・レンジにわたりより高い出力を提供し、更に、光学部品の組付け及び相互連結に関するコストを低減する統合化された光送信装置を提供することにある。

本発明の他の目的は、単一ユニットつまりハウジング内に収納された統合型光送信装置を提供することにある。

本発明の更なる目的は、光基台に対しコンプライアントに取付けることができ、また、変調器を固定して取付けることが可能な表面を有する、予め位置合わせされたサブ・アセンブリを提供することにある。

本発明の更なる目的は、相違する光学部品の熱膨張係数に起因する位置ずれを低減する統合型光送信装置を提供することにある。

本発明のもう1つの目的は、統合化された波長制御器を有する前述したタイプの統合型光送信装置を提供することにある。

本発明のもう1つの機能は、光学部品が交換可能である統合型光送信装置を提供することにある。

【0012】

【発明の概要】

本発明の好ましい実施形態によれば、光システムに使用される統合化された光送信装置は、光ビームを提供する光ビーム発生器、及び光ビームを集光し、そこから整列光ビームを生成するレンズ・アセンブリを備えている。また、変調信号に応じて変調光信号を提供するように整列光ビームを受光する光変調器も備えている。インターフェース光学部品は、整列光ビームを受光し、整列光ビームを光変調器に与えるために設けられる。インターフェース光学部品は、整列光ビームに対する挿入損失を最小限とし、光変調器との固定した光学的関係を維持するために、光変調器との光学的連結を提供する。

【0013】

本発明の他の観点によれば、統合型光送信装置を製造する方法は、

- (a) レーザ・ダイオードと非球面レンズとを光学的に位置合わせするステップ、
- (b) レーザ・ダイオードと非球面レンズとを取付け部材に固定し、レーザ・ヘッド・アセンブリを規定するステップ、
- (c) 集束レンズを、レーザ・ダイオード及び非球面レンズと光学的に一直線上になるように、レーザ・ヘッド・アセンブリに対して固く固定するステップ、
- (d) レーザ・ヘッドのサブ・アセンブリを光基台に対しコンプライアントに固定するステップ、及び
- (e) 光変調器を、集束レンズと光学的に一直線上になるように、集束レンズに対し固く固定するステップを含む。

【0014】

本発明のもう1つの観点によれば、前述したタイプの統合型光送信装置を製造する方法は、送信装置内の光をサンプリングし、ハウジング内に格納される、ファブリペロー・エタロン、ファイバ・ブラッグ回析格子、マイケルソン干渉計、或いは、多層誘電膜を有するエタロンのような波長フィルタによって、波長選択制御器を制御するステップを更に含む。

上記及びその他の本発明の目的、利点は、以下の説明を添付図面とともに読むことによりより明確になるであろう。

【0015】

【好ましい実施の形態の詳細な説明】

本発明により提供された統合型光送信装置は、全体的には、光ビームを生成する光ヘッド・アセンブリ、及び光ビームを受光し、それに対し、変調信号に応じ変調を与える光変調器によって特徴付けられる。これら2つの部品は、インターフェース光学部品、典型的にはGRINレンズ、によって結合される。本送信装置は、光ヘッド・アセンブリが、実施形態に係りなく、光変調器と、固定された光通信を維持するように構成されている。以下に

において詳細に説明するように、いくつかの実施形態では、様々な方法でこの固定関係を維持され、この中には、部品間のエポキシ樹脂での固着、及び 平行ビームとの間隔を空けた関係が含まれる。

【0016】

図1は、所定の光波長を有する変調された光ビームを生成するための、本発明を具体化した、全体的に10で表される統合された光送信装置を示す。光送信装置10は、好ましい実施形態であり、公知の光波長の偏波された光ビームを生成するレーザ・ヘッド・アセンブリ12を備えている。レーザ・ヘッド・アセンブリ12は、光変調器16に直接的に連結されたグレーデッド形(Graded Index, GRIN)レンズ14を介して光ビームを提供する。外部信号発生器18は、遠距離通信(Telecom)又は ケーブル・テレビ(CATV)の通信信号を、光ビーム上にその信号を印加する変調器16に送る。

10

【0017】

図1に示されるように、レーザ・ヘッド・アセンブリ12は、公知の光波長の光ビームを生成するレーザ・ダイオード20、光ビームを集束し、そして、平行にする、一对の非球面光学レンズ22、24を備える。第インターフェース非球面レンズ22は、集光し、集束して、黒色焦点面にソースの拡大された像を作り出す。第2非球面レンズ24は、光を平行に、つまり、発散光線を平行に変換する。光アイソレータ26は、光リンクの更に下流のある点において反射された如何なる光も、レーザ・ダイオード20に逆に伝搬しないようにするため、2つのレンズ22、24間に配置される。例えば、通信リンク内のコネクタつまり連結部によって反射された光は、光ファイバ28下流からレーザ・ダイオード20に戻るように伝搬されることになる。この反射されたパワーは、光アイソレータ26によって吸収され、転用される。このアイソレータは、光システム内の他の場所、例えば、第2レンズとGRINレンズ14との間、に設けることができる点に留意すべきである。好ましい実施形態における位置は、アイソレータを小径とするのを可能とする。更に、球形のような他のタイプのレンズも可能であることも留意されたい。収差及び光出力損失を最小限とした状態で、レーザ・ダイオードからの広範囲に発散された光を集光し、更に、集束し平行とする能力を考慮して、非球面レンズが選択されている。

20

【0018】

第2レンズ24からの平行光線は、GRINに方向付けられ、このGRINは、光導波管30への光の効果的連結を可能とするため、光を充分小さな点の大きさに集束し、発散を充分低減する。GRINレンズは、レーザ・ヘッド・アセンブリに強固に固定してもよい。変調器は、外部信号発生器18によって提供される通信信号のような電気信号に応じ、光を変調する。

30

【0019】

2つの非球面レンズ22、24は、本システムに使用されるレーザ・ダイオード20のタイプに関する自由度を与える。例えば、この2つのレンズ・システムは、自身の密閉されたハウジングに取付けられたレーザ・ダイオード、例えば、扱い易い「T0-5.6can」、の使用を可能とし、大気中の不都合な汚染物質からレーザ・ダイオードを保護する。ただ1つのレンズ24が使用される場合には、レーザ・ダイオード20と変調器16との連結は、通常、非効率であり、これはT0-5.6cansを使用した市販レーザの出力でのレーザー・ビームの発散が大き過ぎることに原因がある。単一レンズ24によってもたらされる平行ビームは、GRINレンズ14によって受けることが可能なビームサイズより大きくすることができる。第1レンズ22によってビームを集束し、第2レンズ24を使ってビームを平行とすることによって、T0-5.6canによって課せられる制約にも係らず、ビームサイズを、GRINレンズ14に対し最適化することができる。しかし、単一非球面レンズ24は、平行とされた場合にGRINレンズ14によって受光されるビームをレーザ・ダイオード20が生成するのを前提として、光ビームを平行にするために使用できることを認識しなくてはならない。

40

【0020】

角度的配列に対する感度を下げるために、出力損失を犠牲にして、光トレイン(optical train)を、ある場所で「回転させない(de-turning)」ようにすることによる出力損失より、熱膨張によって生じるシステムによる光出力変化が大きな損害となる場合、好ましい

50

実施形態を他の変形とすることが可能である。例えば、最小の出力損失を目的として通常使用されるものより若干短いGRINレンズを使用することによって、通常の光ビームより大きなものがGRINレンズによって光導波管30に与えられる。角度的位置ずれは、GRINレンズの端部におけるビーム位置の、X及び/又はY軸に沿った移動を誘発するが、ビームのサイズが大きいため、恐らく、光によって光導波管を満たすであろう。従って、位置ずれ感度は低下するが、光導波管30によって自然に受光できるビームサイズに、より一致するビームを、GRINレンズが提供する場合と比較し、光導波管30に連結された出力の合計は減少する。また、光導波管は、GRINレンズからより大きなビームを受光できるように変更することができ、これによって、配列感度は、より下げられることになる。しかし、短くしたGRINレンズを使用した場合には、光導波管30に与えられるビームの光特性の狂いにために、出力損失においていくらかの不利な点が起こる可能性はある。位置ずれに対する感度を下げるこれらの方法は、前述の実施形態にも同様に適用できる。それらは、光導波管30とGRINレンズとのX、Y、又はZ軸における位置ずれ感度を下げるために使用できる。いくらかの他のトランスレーション、つまり回転的位置ずれに対する感度の増加、又は出力損失の増加という犠牲を払って、ある種のトランスレーション、つまり回転的位置ずれに対する感度を下げるといふ、好ましい実施形態の他の変形が存在する。一般的に、ビームが平行又はそれに近い場合、回転的感度が増加するという犠牲の下で、X、Y、及びZ感度は低減する。一方、ビームが集束又は広がる場合、回転的感度は、X、Y、及びZ感度の増加という犠牲の下に低減される。

10

【0021】

20

変調器16は、リチウム・ニオブ酸塩 (LiNbO_3) に組込まれた集積光回路 (IC) である。変調器は、マッハ・ツェンダー干渉計 (MZI) 32に対し光ビームを方向付けた変調器の受光端31に光導波管30を備えている。光ビームが、干渉計32に入ると、ビームは、分割され、2つの平行なパス、つまりアーム34、36内に伝搬され、そして、変調器の送信端38で再び組合される。干渉計32は、アーム34、36の両側に配置された複数の電極40を備えている。通信信号から電極への供給電圧は、リチウム・ニオブ酸塩における電気光学効果によって、干渉計の各アームを通過する光の速度を制御する。この供給電圧に応じ、干渉計32のアーム34、36内の光は、2つのビームが送信端38で再び組合された時、構成的に或いは非構成的に干渉するようにでき、供給電圧は、高速切換えが可能である。この方法において、外部信号発生器により供給される通信信号は、光のビーム上に印加される。

30

【0022】

典型的には、干渉計のアーム34、36内における2つの光ビームの間に1/2位相差を作ることにより、信号電圧が供給されない場合、干渉計32は、構成的干渉と非構成的干渉との中間に設定される。電極40に供給される信号電圧は、干渉計のアーム内の光を、完全に構造的干渉(「オン」状態)か、完全に非構造的干渉(「オフ」状態)かのいずれかにする。信号が供給されていない状態では、干渉計の2つのアーム内における光ビーム間の位相差は、干渉計のバイアス点に関連している。

【0023】

送信装置10の光学部品の組立て及び位置合わせは、従来の送信装置に関連する懸念を克服するに際し重要である。従来技術においては、送信装置の光学部品は、共通のプラットフォームつまり基台に対し、相互に固定されて取付けられる。各光学部品を連結する方法は、各部品の異なる熱膨張係数に係る懸念を引き起す。異なる熱膨張によって、加熱、又は冷却された場合、部品に応力が加わり、各部品に位置ずれが起こり、更にはそれらの光特性が変化する可能性がある。特に、変調器16は、変調器の干渉計32がリチウム・ニオブ酸塩で形成されているため、これらの引き起された応力に敏感である。リチウム・ニオブ酸塩は、圧電性材料であり、そのため変調器基板に対するどんな応力によっても、バイアス点は最適設定から移動してしまう。従って、コンプライアントな接着剤で、変調器を取付けることによって、パッケージ内の応力又は歪みが、変調器に伝達されるのを防止する。

40

【0024】

50

図2は、各部品の異なる熱膨張係数の影響を克服する本発明を具体化したタイプの光送信装置10の機械的アセンブリを示す。レーザ・ヘッド・アセンブリ12にGRINレンズを設けるため、これら光学部品は、相互に強固に固定され、そこにおいて、各部品は、相互に、光学的関係において固定された状態にある。次に、GRINレンズを有するレーザ・ヘッド・アセンブリ12は、RTV、Ecosorb、及び「Ablestick」のような、コンプライアントな接着剤46によって共通の光基台44に上側表面に取付けられる。GRINレンズ14の焦点に生成される光ビームが、変調器基板16の上側表面に設けられた光導波管30の入力面31と一直線状になるように(図1参照)、レーザ・ヘッド・アセンブリ12は、光基台44の一端の溝付きステップ部上に取付けられる。また、変調器の底は、コンプライアントな接着剤46によって光基台44に固定される。

10

【0025】

コンプライアントな接着剤46は、各光学部品12、14及び16を熱膨張の影響から隔離する。コンプライアントな接着剤は、サブ・アセンブリが、送信装置10の温度変化に係らず、光学的固定状態を維持することを可能とする。コンプライアントな接着剤の使用は、変調器16及びレーザ・ヘッド・アセンブリ12が、製造又は作動中の熱膨張及び熱収縮する際、変調器16及びレーザ・ヘッド・アセンブリ12の両者の応力を最小限のものとする。応力は、光トレインにおける重要な点に生じる小さな歪みによる光学的配置に対する弊害のみでなく、マッハ・ツェンダー変調器16のバイアス点に影響を及ぼす可能性がある。

【0026】

熱膨張の影響による光学部品の位置ずれ及びそれに対する応力を更に低減するため、レーザ・ヘッド・アセンブリ12及び変調器16の熱制御部品も提供される。レーザから直接的に熱電冷却器(TEC)50に熱を伝達するように、熱伝達プラグ42が、レーザ・ヘッド・アセンブリ12の後部に連結されている。第2TEC52は、コンプライアントな接着剤46によって、光基台44に連結されている。両TEC50、52は、作動中のレーザの温度を最適に維持するために、変調器16及びレーザ・ヘッド・アセンブリ16から熱を奪ったり、それに熱を加えたりする。熱伝達プラグ42に取付けられたサーミスタ(図示せず)は、レーザ・ヘッド・アセンブリ12の温度をモニターする。また、光基台44は、バイアス点に影響を与える内部応力を増加させる、変調器16における温度勾配を最小限にするのに役立つ。

20

【0027】

図2の光送信装置10を製造する方法150が、図3の機能図のブロック155-166に示される。ブロック152-156に示されるように、レーザ・ダイオード20、非球面レンズ22、24、及び光アイソレータ26は、所定レベル内の出力パワーを持つ出力で平行ビームを提供するように位置合わせされている。次に、これらの部品は、レーザ・ヘッド・アセンブリ12内に固定される。次に、熱伝達プラグが、レーザ・ヘッド・アセンブリの後部表面に固定される。ブロック158において、GRINレンズ14は、先ず、レーザ・ヘッド・アセンブリ12に配列され、そして、固定される。一対のTEC50、52は、ハウジング148の下側内表面に取付けられる。ブロック162に示されるように、レーザ・ヘッド・アセンブリは、光基台44に固定され、そして、ブロック164の熱電冷却器に取付けられる。ブロック166において、変調器16は、レンズの焦点が変調器の光導波管30の入力面31に位置するように、位置合わせされ、GRINレンズ14に対しエポキシ樹脂によって固定される。ブロック168において、変調器は、光基台44に固定される。

30

40

【0028】

本発明の代替的实施形態170が、図4に示され、光送信装置170は、光ビームの波長を安定化する手段172を備えている。レーザ・ダイオード20によって生成された光の波長は、その温度と電流とに依存する。光ビームの出力波長を安定化する方法とは、レーザ・ヘッド・アセンブリに熱的に接続された熱電冷却器(TEC)50を使用して、レーザ・ヘッド・アセンブリ12の温度を制御することである。制御器174は、188のフィードバック信号に従ってレーザ・ダイオード20の温度を調整するために、176の温度制御信号をTEC50に送る。188は、光ビームの波長を表し、180は、レーザ温度を表す。この方法において、光ビームの波長は、安定化される、つまり、所定の波長で固定される。通常、10℃以下のレーザ温

50

度変化は、送信装置の寿命範囲で波長に影響を与える経年変化を補正するという面では、非常に相応しいものであり、従って、光トレインの配列及び変調器特性は、波長安定化によりもたらされる温度変化に伴う熱的な膨張/収縮によって悪影響を受けない。

【 0 0 2 9 】

上記したように、レーザ・ヘッド・アセンブリ20からの光を、GRINレンズ14に、そして変調器16に、効果的に連結するために使用される光システム170は、第2非球面レンズ24の後で平行ビームを作るように設計される(図1参照)。ビームは、光トレインのこの部分において、良い挙動をするため、波長を固定する目的でビームをサンプリングする最適の場所である。

従って、光ビームは、第2非球面レンズ24とGRINレンズ14との間にビーム分割器182を配置することによってサンプリングされる。レーザ・ダイオード20からの光の約1%が、レーザ・ヘッド・アセンブリ12とGRINレンズ14と変調器16との間のパスの外に反射される。そして、この光は、光ダイオードのような、一对のフィルタ検出器183、183に方向付けられる。これら検出器のスペクトル応答は、フィルタ検出器の前方に配置された一对の角度同調の狭い帯域フィルタ184、186によって、大きく影響を受ける。狭い帯域フィルタ184、186は、入射角及び入射角の関数である中心透過波長を変えるように回転される。

【 0 0 3 0 】

フィルタ検出器183、183の出力信号の188、188は、制御器174に送られ、この制御器は、光ビーム176の波長を表す出力信号を生成する。レーザ・ヘッド・サブ・アセンブリ12の温度は、熱伝達プラグ42(図2参照)内に取付けられたサーミスタでモニターされる。狭い帯域フィルタ184、186を角度同調するため、これらフィルタは、温度及び放出波長が所定値に設定されると、図5に示されるような形態で透過スペクトルを重ね合わせるように回転される。曲線192は、フィルタ184のスペクトル応答を表し、曲線194は、フィルタ186のスペクトル応答を表し、フィルタ184、186は、まず、検出器183、183からの出力をモニターすることによって、最高透過率を見つけるために回転される。次に、帯域フィルタ184、186は、検出器183、183からの出力が、最高値の約0.5になるように回転される。フィルタ184、186の透過率は、対称に近い場合、フィルタを適切な方向に回転させる必要がある。この方向は、入射角と中心波長との関係によって判断される。次に、これらフィルタは、レーザ溶接によって位置が固定され、フィルタ検出器183、183からの応答は、入力波長に対し強力に連結する。

【 0 0 3 1 】

波長安定器172の操作において、レーザ・ダイオード20の放出波長が変化する時に、フィルタ検出器183、183からの出力は変化する。例えば、波長が増加すると、1つのフィルタ検出器183からの出力は減少し、他のフィルタ検出器183からの出力は増加することになる。制御器174によって求められた2つのフィルタ検出器183、183からの出力比を測定することによって、放出波長をモニターすることができる。この比率を使用することによって、制御器174によって生成された174の相対信号を、レーザ電流、又は熱電冷却器50に対する電圧を変えることによって、レーザ・ダイオード20の波長を変えるために使用することができる。

【 0 0 3 2 】

図6に示される本発明の他の実施形態において、光送信装置200は、ハウジング148内に固定された共通の光基台44に取付けられたレーザ・ヘッド・アセンブリ12、及びGRINレンズ/変調器・アセンブリ48を備える。光学アセンブリは、相互に光学的関係において固定されており、ここでは、光軸42は、Z軸に沿って伝わる。レーザ・ヘッド・アセンブリ12は、光基台44に固定されたキャリア・プレート202に直接的に固定される。GRINレンズ/変調器・アセンブリ48は、熱膨張の影響を低減するために、変調器と同じ材料であるリチウム・ニオブ酸塩で構成された取付けブロック204に固定される。取付けブロック204の下面は、コンプライアントな接着剤46によって第2キャリア・プレート206の上側表面に固定されている。GRINレンズ14及びレーザ・ヘッド・アセンブリ12は、光学的に配列されるように、光基台44上に横方向に間隔を空けているが、両者は、連結されていない。これによ

10

20

30

40

50

り、これらの光学部品は、個々に膨張、収縮することができ、従って、光学部品の熱膨張に関連する応力を最小限とすることができる。更に、図6の統合型光送信装置は、時間的及び場所的に分離した個別のステップで組立てることができる。

【0033】

図6の実施形態において、レーザ・ヘッド・アセンブリ12は、光基台44に対し固定された状態を維持する。一方、コンプライアントな接着剤46は、変調器が、x軸、y軸、及びz軸に直交して移動できるようにし、部品が、製造又は作動中に熱膨張及び熱収縮する際の、変調器における応力を最小限にする。この移動は、マッハ・ツェンダー・変調器16のバイアス点に影響を与える可能性のある、変調器に対する応力を排除する。

【0034】

GRINレンズ/変調器・アセンブリ48が、光ビームのパワー出力及び光特性に劇的効果をもたらすことを期待されるかもしれない。レーザ・ダイオードによって生成された光ビームは、平行にされたビームの部分を持つことなく、変調器の入力面に対し直接的に集束される光送信装置があるのは事実である。集束されたビームの如何なる移動、つまり位置ずれでも、送信装置の出力損失を増加させる。しかし、レーザ・ヘッド・アセンブリ12とGRINレンズ14との間において平行とされたビームを使用することによって、直交方向(X、Y、及びZ)における位置ずれに対するパワー損失の感度は下げられる。従って、図6の光送信装置200では、直交軸における部品の位置ずれ又は移動の結果としてのパワー損失を低減するため、レーザ・ヘッド・アセンブリ12とGRINレンズ14との間を伝搬するビームの部分を平行としている。この特徴により、もし、レーザ・ヘッド・アセンブリ12に対するGRINレンズ14の動きを、X、Y、及びZ方向のみに限定できるのであれば、レーザ・ヘッド・アセンブリ12及びGRINレンズ14は、ビームのパワー損失への影響を低減した状態で、個々に効果的に「浮遊する(float)」ことができる。

【0035】

直交平面における光学配列の変化に対する光ビームの感度を下げると、光ビームは、ピッチ(図7に示されるX軸まわりの回転)、ロール(図8に示されるZ軸まわりの縦回転)、及びヨー(図9に示されるY軸まわりの水平回転)角度的位置ずれに対し敏感になる。一般的な光学部品でなされた測定によると、コンプライアントな接着剤は、変調器からのパワー出力が大きく減少しないようにするために、レーザ・ヘッド・アセンブリに対するGRINレンズ/変調器・アセンブリのピッチ又はヨーの傾斜を、約0.01度以内に制限する必要があることを示している。同様に、レーザ・ヘッドに対する変調器のX及びY部分は、同じ理由で、更に、約+20 μ m以内に維持されなくてはならない。これらの許容範囲は、-40から85の範囲で保存温度に曝された後であっても、装置の寿命(遠隔通信用途に関しては、通常、20年以上)の間、維持される必要がある。硬化から起こるような、組立て過程でのコンプライアントな接着剤の如何なる収縮も、これらの許容範囲を越える変調器アセンブリの移動を起こさせてはならず、つまり、接着剤が硬化する前に変調器位置をオフセットする、或いは、レーザ・ヘッドと最終的に組付ける過程でのX、Y、ピッチ、又はヨーのオフセットによって補正する必要がある。好ましい実施形態は、光トレインが、単一のリジッドなユニットであるため、このようなコンプライアントな接着剤に関する厳しい要件に悩まされることはない点に留意されたい。図7-9は、光軸47に対するレーザ・ヘッド・アセンブリのピッチ、ロール、及びヨーをそれぞれ示している。

【0036】

また、レーザ・ヘッド・アセンブリ12から、GRINレンズ14及び変調器16にビームを伝えるための、光ビームの平行化は、レーザ・ヘッド・アセンブリ及び組合せたGRINレンズ/変調器・アセンブリの光学部品の独立した組付け及び位置合わせを可能とする。この方法は、各アセンブリ12、48が、異なる場所で製造され、その後、同じ場所に運ばれ、送信装置を製造するために位置合わせされることを可能とする。また、送信装置のモジュール化は、どのレーザ・ヘッド・アセンブリでも、GRINレンズ/変調器・アセンブリと簡単に組合せ又は交換することを可能とし、更に、送信装置を修理する又はその光ビームの波長を変えるために、どのアセンブリとでも交換することを可能とする。加えて、レーザは、GRIN

10

20

30

40

50

レンズ/変調器・アセンブリと独立して温度調整することができる。

【 0 0 3 7 】

各アセンブリ12、48の光学部品の位置合わせを確実にするため、これらのアセンブリを製造及び位置合わせする方法は、製造されたアセンブリから放射された光ビームを受光するために、試験台64の上面に取付けられた試験治具60(図10及び11参照)を含んでいる。レンズ62の送信端66は、光ファイバ70によってビーム検出器68に光学的に接続されている。ビーム検出器は、各アセンブリにおける光学部品の位置合わせ工程の過程でフィードバックを提供するため、光ビームの出力パワーを測定する。

【 0 0 3 8 】

治具60の試験台64及び各アセンブリ12、48を取付ける真空チャック72は、相互にx、y面における正確な確認された位置に真空チャック及び試験台を保持するための、精密設置接合面74、74を備えている。これにより、レーザ・ヘッド・アセンブリ12及びGRINレンズ/変調器・アセンブリ48は、送信装置200を形成するために共に組み付けられる際、独立して製造でき、また、必要とされる位置合わせを最小限とすることができる。

【 0 0 3 9 】

GRINレンズ/変調器・アセンブリ48の製造、及び 図6の実施形態における各部品の位置合わせの方法79は、図12の機能図のブロック80 - 108に示される。ブロック80及び図10を参照すると、光ファイバ・ピグテール28は、変調器16の送信端38に固定されている。ブロック82 - 86において、変調器は、取付けブロック204に固く固定されている。次に、取付けブロックは、所定の位置及び向きに、コンプライアントな接着剤46によって、キャリア・プレート206の上側表面に取付けられる。次に、キャリア・プレート206は、確認された場所において、真空チャック72に対し、取外し可能に固定される。ブロック88 - 90において、光源76は、変調器の受光端31から光ビームを放射するように、ピグテール28に接続される。真空チャックを使用することによって、GRINレンズ14は、真空チャックを使用した変調器16における波長部分30の受光端31の位置に配置される。ブロック92において、ピグテール28のファイバ内の偏向は、最大出力を提供し、且つ、光ビームの大まかな平行化を行うように調整される。ブロック94を参照すると、GRINレンズは、GRINレンズからの光ビームの出力パワーが、許容値となるように位置決めされる。

【 0 0 4 0 】

ブロック96を参照すると、次に、真空チャック72は、共通試験台64の調整表面に接触される。ブロック98 - 102において、エポキシ樹脂が、GRINレンズ・変調器・インターフェースに塗付される。GRINレンズ14は、ブロック104において、ビーム検出器68によって測定された最大出力パワーを提供するように調整される。光学部品の最適化は、ビームが最小のピッチ及びヨーでZ軸に沿って伝搬するのを確実にするが、X及びY面における光学的位置合わせは必要とされない。

【 0 0 4 1 】

ブロック106及び101を参照すると、次に、真空チャック72は、最大の光結合を得るために、共通試験台64の調整表面74に対してX及びY軸に関して調整される。GRINレンズ14及び真空チャック72の位置合わせは、出力パワーが仕様範囲内になるまで、反復して、同時に行う必要がある可能性がある。出力パワーが仕様範囲内になると、まず、エポキシ樹脂が、紫外線光を使用して硬化され、その後、オープン硬化される(ブロック108)。

【 0 0 4 2 】

レーザ・ヘッド・アセンブリ12を製造し、光学部品を位置合わせする方法109は、図13の機能図のブロック110 - 128に示される。ブロック110 - 111及び図11を参照すると、レーザ・ヘッド・アセンブリ12の取付けプレート78は、キャリア・プレート202に固定可能に取付けられている。次に、キャリア・プレート202は、上述したものと同様に、真空チャック72に対し、取外し可能に固定されている。次に、レーザ・ダイオード20は、Z軸に沿った所定位置でキャリア・プレートに固定される。次に、ブロック112 - 116において、光学レンズ22、24は、光ビームの大まかな平行化を行うように位置合わせ及び調整された取付けプレート78上に置かれる。取付けプレート78は、平面的ジオメトリに限定されず、円筒

10

20

30

40

50

状を含む他のジオメトリでもよいことに留意されたい。レーザ・ダイオードは、電圧が加えられ、レーザ・ヘッド・アセンブリ12の出力パワーの基本的測定を行うために、光ビームの出力パワーが調整される。ブロック118 - 120を参照すると、次に、真空チャック72は、共通試験台64の精密接合面74に当接する。次に、光学部品は、ビーム検出器68によって測定された最大出力パワーを提供するように位置合わせされる。光学部品の最適化は、ビームが最小のピッチ及びヨーでZ軸に沿って伝搬するのを確実にするが、X及びY面における光学的位置合わせは必要とされない。

【0043】

次に、ブロック122において、真空チャック72は、最大の光結合を得るために、共通試験台64の調整表面74に対して、X及びY軸において調整される。ビーム検出器68で測定されたビームの出力パワーは、レーザ・ダイオード20の初期出力パワーと比較される（ブロック124）。ビームの出力パワーの差が、仕様範囲内でない場合は、ブロック126に示されるように、光学部品と支持台との位置を調整するステップが繰返される。光学部品と真空チャック72の位置合わせは、特定の実施形態によっては、同時に行う必要があるかもしれない。ブロック128において、出力パワーが仕様範囲内になると、レーザ・ダイオード・アセンブリ12の光学部品は所定位置に固く結合される。

【0044】

送信装置200を製造するための、レーザ・ヘッド・アセンブリ12及びGRINレンズ/変調器・アセンブリを位置合わせする方法129は、図14の機能図のブロック130 - 140に示される。ブロック130及び図6を参照すると、レーザ・ヘッド・アセンブリのキャリア・プレート202は、光パスがZ軸に沿って伝搬するように光基台44に固定される。ブロック132において、光基台44は、送信装置ハウジング200内に取付けられる。ビーム検出器68は、変調器16に取付けられた光ファイバ・ピグテール28に連結される。ブロック134において、GRINレンズ/変調器・アセンブリ48を保持したキャリア・プレート206は、アセンブリ48がレーザ・ヘッド・アセンブリ12の前方に位置するように、真空チャックを使用して光基台44上に置かれる。ブロック136 - 138において、レーザ・ダイオードは、電圧を加えられ、GRINレンズ/変調器・アセンブリを保持したキャリア・プレートは、変調器16の出力が仕様範囲内になるまで、X及びY軸において、更に必要に応じ、ピッチ及びヨーにおいて、位置決めされる。次に、キャリア・プレート206は、統合されたレーザ・モジュール・アセンブリを形成するために、光基台44に固く固定される。

【0045】

本発明の実施形態200の利点は、光ビームの平行化によって、光学部品が、光学的に位置合わせされ、光基台上に間隔を空けて設けられるが、お互いが固定されない点にある。これは、各部品が、周囲温度の変化に応じて、それぞれ独立して移動でき、従って、異なる熱膨張係数の悪影響を最小限とし、更に、お互いは固定された光学的関係にあるという利点がある。また、送信装置のモジュール化により、光学部品を交換することが可能となる。

【0046】

光変調器がマッハ・ツェンダー干渉計に限定されるものでなく、他のタイプの変調器、例えば、電子・吸収(EA)型、が使用できることは、当業者であれば認識できるであろう。光変調器の材料は、リチウム・ニオブ酸塩に限定されず、インターフェース光学部品を取付けることが可能な、ガラス、ポリマー等を含む。更に、統合型光送信装置は、個別モジュールを形成するためにハウジング内に取付けられたものを示したが、複数の送信装置を単一の光基台又はボード上に取付けることができることは認識されるであろう。

本発明は、その例示の実施形態に関して示され、説明されたが、前述の、そして、その形、詳細において様々な他の変更、除外及び付加することが、本発明の精神、範囲を逸脱することなくその範囲内で行い得ることは、当業者によって理解されるべきである。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明を具体化したタイプの統合型光送信装置を示すブロック線図である。

【図2】 図1の統合型光送信装置の側面図である。

10

20

30

40

50

【図3】 図1の変調器の製造プロセスを示す線図である。

【図4】 光ビームの波長を安定化する手段を含む図2の統合型光送信装置の代替的实施形態を示す略図である。

【図5】 一对のフィルタ検出器の出力透過率を示すグラフである。

【図6】 本発明を具体化した統合型光送信装置の第2の代替的实施形態を示す側面図である。

【図7】 レーザ・ヘッド・アセンブリが、X軸を中心として傾けられた場合の、図6の光送信装置の一部を示す拡大側面図である。

【図8】 レーザ・ヘッド・アセンブリが、Z軸を中心として傾けられた場合の、図6の光送信装置の一部を示す拡大側面図である。

【図9】 レーザ・ヘッド・アセンブリが、Y軸を中心として傾けられた場合の、図6の光送信装置の一部を示す拡大側面図である。

【図10】 図6の光送信装置のGRINレンズ/変調器・アセンブリと、光送信装置のGRINレンズ/変調器・アセンブリの光学部品を位置合わせするための試験治具を示す側面図である。

【図11】 図6のレーザ・ヘッド・アセンブリと、レーザ・ヘッド・アセンブリの光学部品を位置合わせするための試験治具を示す側面図である。

【図12】 図6のGRINレンズ/変調器・アセンブリを製造及び位置合わせするステップの好ましい全体的順序を示す機能図である。

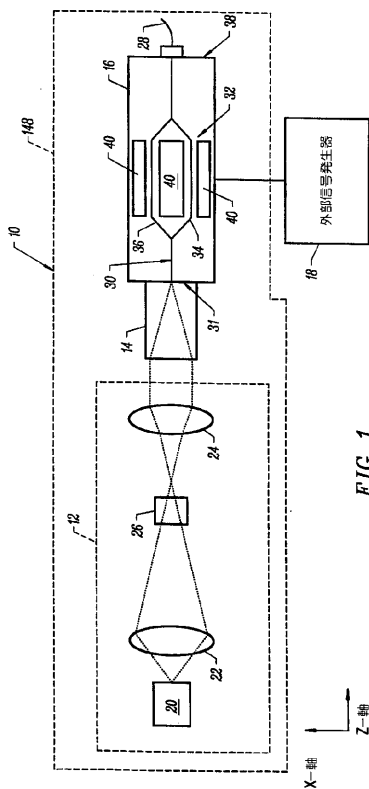
【図13】 図6のレーザ・ヘッド・アセンブリを製造及び位置合わせするステップの好ましい全体的順序を示す機能図である。

【図14】 図6の統合型光送信装置を製造及び位置合わせするステップの好ましい全体的順序を示す機能図である。

10

20

【図1】



【図2】

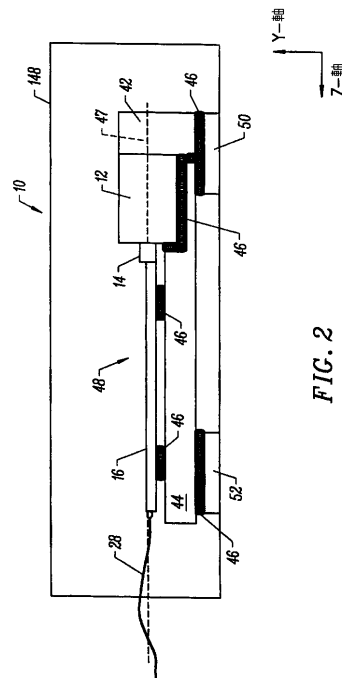


FIG. 2

【 図 7 】

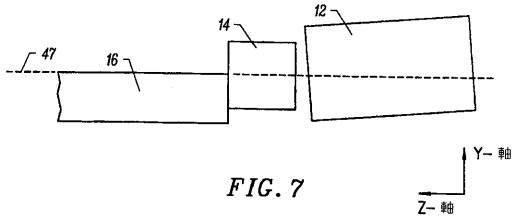


FIG. 7

【 図 9 】

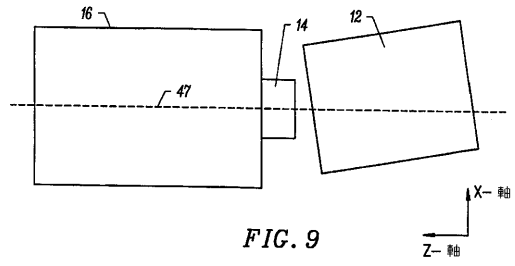


FIG. 9

【 図 8 】

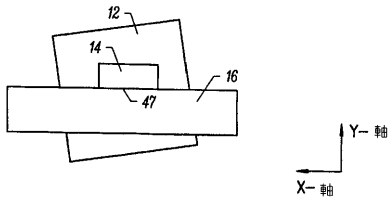


FIG. 8

【 図 10 】

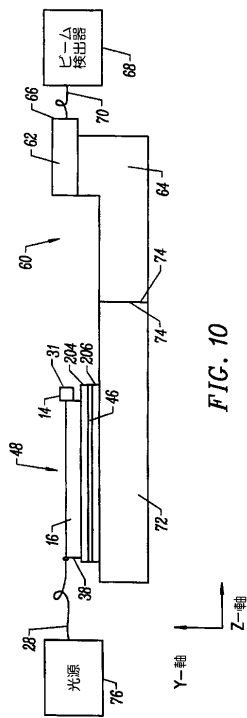


FIG. 10

【 図 11 】

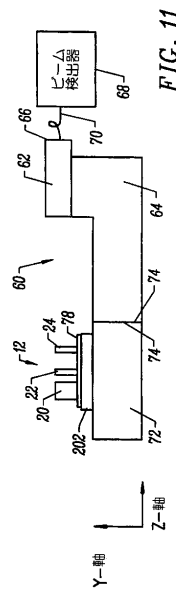


FIG. 11

【 図 1 2 】

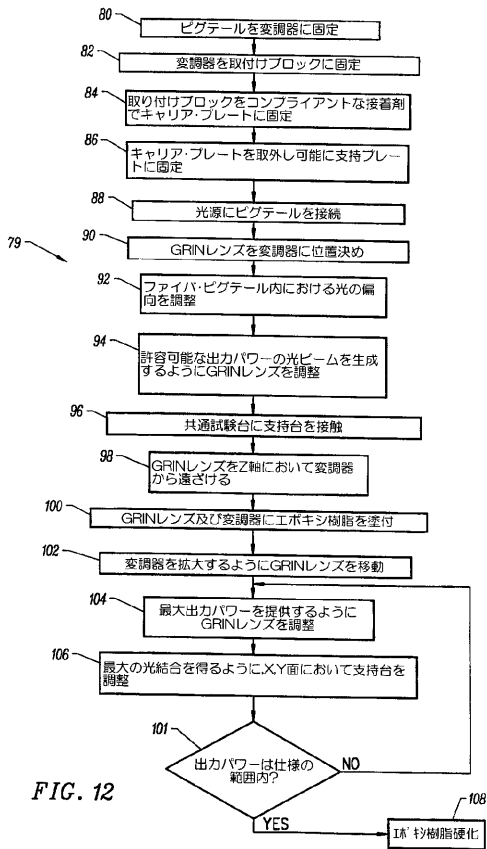


FIG. 12

【 図 1 3 】

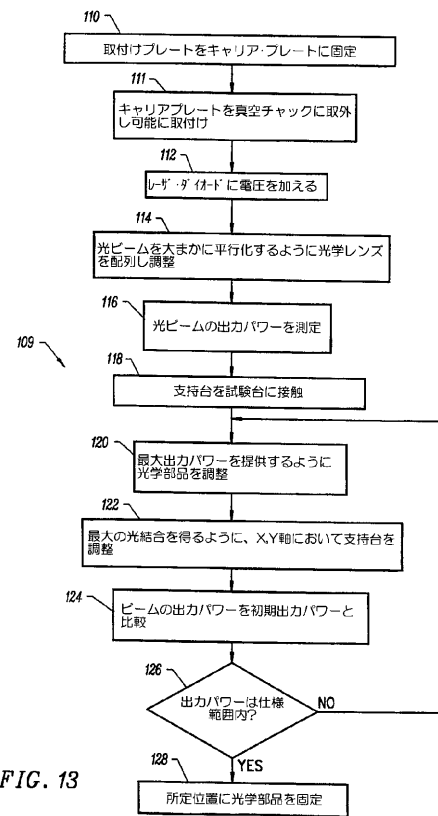


FIG. 13

【 図 1 4 】

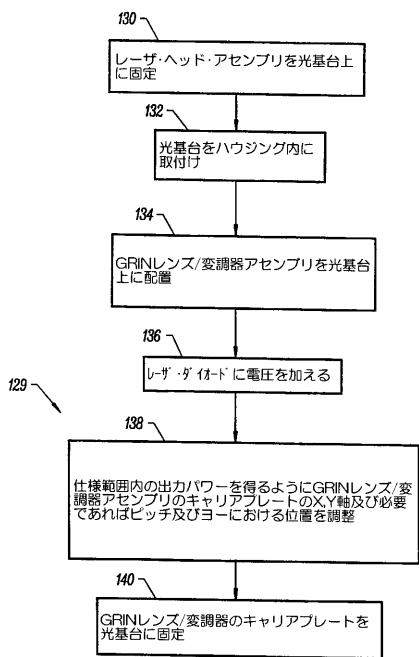


FIG. 14

フロントページの続き

- (74)代理人 100074228
弁理士 今城 俊夫
- (74)代理人 100084009
弁理士 小川 信夫
- (74)代理人 100082821
弁理士 村社 厚夫
- (74)代理人 100086771
弁理士 西島 孝喜
- (74)代理人 100084663
弁理士 箱田 篤
- (72)発明者 ボール ゲアリー エイ
アメリカ合衆国 コネチカット州 06070 シムズバリー ニューバリー コート 19
- (72)発明者 エイド ロバート ダブリュー
アメリカ合衆国 コネチカット州 06043 ボルトン ベイベリー レーン 25
- (72)発明者 キッサー カール
アメリカ合衆国 コネチカット州 06070 シムズバリー レベッカ レーン 9
- (72)発明者 ダン ボール
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 ウェストフィールド リッジウェイ アベニュー 27
- (72)発明者 ムンクス ティモシー シー
アメリカ合衆国 イリノイ州 60014 クリスタル レイク ティヴァートン レーン 84
7
- (72)発明者 ローガン ロナルド ティー ジュニア
アメリカ合衆国 ペンシルヴァニア州 18940 ニュータウン コート ストリート 239
- (72)発明者 ガーテル エイタン
アメリカ合衆国 ペンシルヴァニア州 19454 ノース ウェールズ チェスター サークル
105

合議体

審判長 平井 良憲

審判官 稲積 義登

審判官 鈴木 俊光

- (56)参考文献 特開昭61-156209(JP,A)
特開平4-3004(JP,A)
特開平6-27347(JP,A)
特開平3-273209(JP,A)
特開昭62-198183(JP,A)
特開昭55-107284(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B6/26

G02B6/30-6/34

G02B6/42

H01S5/00-5/50