

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2004-502141

(P2004-502141A)

(43) 公表日 平成16年1月22日(2004.1.22)

(51) Int. Cl.⁷

G01J 9/00

G01J 1/02

G01J 1/42

G01J 3/26

H01L 31/02

F I

G01J 9/00

G01J 1/02

G01J 1/42

G01J 3/26

H01L 31/02

テーマコード (参考)

2G020

2G065

5F088

5K102

A

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 52 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2002-505420 (P2002-505420)
 (86) (22) 出願日 平成13年6月25日 (2001.6.25)
 (85) 翻訳文提出日 平成14年2月26日 (2002.2.26)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2001/020224
 (87) 国際公開番号 W02002/001765
 (87) 国際公開日 平成14年1月3日 (2002.1.3)
 (31) 優先権主張番号 09/603, 403
 (32) 優先日 平成12年6月26日 (2000.6.26)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (81) 指定国 EP (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), CA, JP

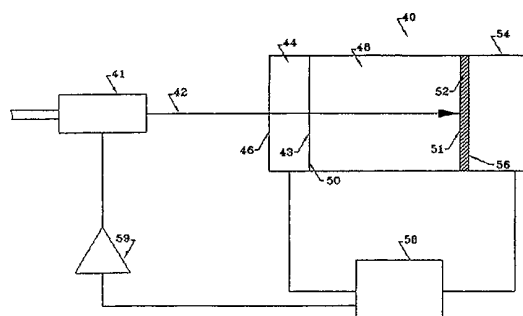
(71) 出願人 500552593
 ジェイディーエス ユニフェイズ コーポ
 レーション
 アメリカ合衆国 カルフォルニア州 95
 134 サン ジョゼ ベイポインテ パ
 ークウエー 210
 (74) 代理人 100093894
 弁理士 五十嵐 清
 (72) 発明者 マックス チモシ
 アメリカ合衆国 コネチカット州 060
 60 ノース グランビィ マウンテン
 クレスト 2
 Fターム(参考) 2G020 CA12 CB23 CC23 CC28 CD06
 CD24

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光パワーおよび波長モニター

(57) 【要約】

光ビームの光パワーおよび波長モニターが述べられている。モニターは光ビームの光路中に配置された、光ビームの光パワーに比例する第1の電気信号を発生する第1の検出器を含む。モニターはまた光ビームの光路中に配置された光フィルターを含む。光フィルターは光ビームの内の光フィルターの帯域幅内の波長を有する部分を透過する。光ビームの光路中に配置された第2の検出器がフィルターされた光ビームの光パワーに比例する第2の電気信号を発生する。信号処理装置が第1および第2の電気信号を受け、光ビームの波長に比例する信号を発生する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

- a. 光ビームの光路中に配置され、前記光ビームの光パワーに比例する第 1 の電気信号を発生する第 1 の検出器と；
- b. 前記光ビームの光路中に配置された光フィルターであって該光フィルターの帯域幅内の波長を有する光ビームの部分を透過する光フィルターと；
- c. 前記光ビームの前記光路中に配置され、前記フィルターされた光ビームの光パワーに比例する第 2 の電気信号を発生する第 2 の検出器と；
- d. 前記第 1 および第 2 の電気信号を受け、前記光ビームを特徴づける信号を発生する信号処理装置と；を備えた光ビームモニター。

10

【請求項 2】

信号処理装置により発生される信号が光ビームのパワーに比例することを特徴とする請求項 1 記載の光ビームモニター。

【請求項 3】

信号処理装置により発生される信号が光ビームの波長に比例することを特徴とする請求項 1 記載の光ビームモニター。

【請求項 4】

第 1 の検出器と第 2 の検出器の少なくとも一方がフォトダイオードにより構成されていることを特徴とする請求項 1 記載の光ビームモニター。

【請求項 5】

第 1 の検出器が光ビームに対し部分透明であることを特徴とする請求項 1 記載の光ビームモニター。

20

【請求項 6】

第 1 の検出器と前記第 2 の検出器の少なくとも一方が入射面上に反射防止コーティングを有することを特徴とする請求項 1 記載の光ビームモニター。

【請求項 7】

光フィルターはバンドパスフィルターにより構成されていることを特徴とする請求項 1 記載の光ビームモニター。

【請求項 8】

光フィルターはファブリーペローフィルターにより構成されていることを特徴とする請求項 1 記載の光ビームモニター。

30

【請求項 9】

第 1 の検出器と光フィルターの間に配置された基板をさらに備えることを特徴とする請求項 1 記載の光ビームモニター。

【請求項 10】

基板は入射面と出射面の少なくとも一方に反射防止コーティングを有することを特徴とする請求項 9 記載の光ビームモニター。

【請求項 11】

基板はガラスにより構成されていることを特徴とする請求項 9 記載の光ビームモニター。

【請求項 12】

光ビームの一部を第 1 の検出器に向けかつ前記光ビームの一部を光フィルターに向けるビームスプリッタをさらに備えていることを特徴とする請求項 1 記載の光ビームモニター。

40

【請求項 13】

ビームスプリッタは入射面と出射面の少なくとも一方に反射防止コーティングを有することを特徴とする請求項 12 記載の光ビームモニター。

【請求項 14】

第 1 の検出器と光フィルターの間に配置されたガラス楔をさらに備えることを特徴とする請求項 1 記載の光ビームモニター。

【請求項 15】

ガラス楔は入射面と出射面の少なくとも一方に反射防止コーティングを有することを特徴

50

とする請求項 14 記載の光ビームモニター。

【請求項 16】

光ビームは波長分割多重化光信号により構成されることを特徴とする請求項 1 記載の光ビームモニター

【請求項 17】

波長分割多重化通信システムにおける光信号の光パワーおよび波長を同時にモニターする光ビームモニターであって、

- a. 光ビームの光路中に配置され、前記通信システム中を伝搬する光ビームの光パワーに比例する第 1 の電気信号を発生する第 1 の検出器と；
- b. 光ビームの光路中に配置され、前記通信システムのチャンネルに対応する光ビームのフィルタされた部分を透過する光フィルタと；
- c. 光ビームの光路中に配置され、前記通信システムのチャンネルに対応する光ビームの前記フィルタされた部分の光パワーに比例する第 2 の電気信号を発生する第 2 の検出器と；
- d. 前記第 1 および第 2 の電気信号を受け、前記通信システム中を伝搬する光ビームの波長に比例する信号とパワーに比例する信号の少なくとも一つの信号を発生する信号処理装置と；を備えた光ビームモニター。

【請求項 18】

- a. 光ビームの光路中に配置され、通信システムの少なくとも二つのチャンネルに対応する光ビームの広帯域フィルタされた部分を透過させる第 2 の光フィルタと；
 - b. 広帯域フィルタされた光ビーム光路中に配置され、通信システムの前記少なくとも二つのチャンネルに対応するビームの前記広帯域フィルタされた部分の光パワーに比例する第 3 の電気信号を発生する第 3 の検出器と；を備え、
- 信号処理装置が第 1 と第 2 と第 3 の電気信号を受けて前記通信システム中を伝搬する前記光ビームの波長に比例する信号とパワーに比例する信号の少なくとも一つの信号を発生することを特徴とする請求項 17 記載の光ビームモニター。

【請求項 19】

- a. 光ビームを検出し前記光ビームの光パワーに比例する第 1 の電気信号を発生するステップと；
- b. 予め定められた帯域幅内の波長を有する光ビームの部分を検出し、前記予め定められた帯域幅内の波長を有する光ビームの部分の光パワーに比例する第 2 の電気信号を発生するステップと；
- c. 前記第 1 および第 2 の電気信号を処理して前記光ビームを特徴づける信号を発生するステップと；を含む光ビームの光パワーおよび波長をモニターする方法。

【請求項 20】

発生された信号が光ビームのパワーに比例することを特徴とする請求項 19 記載の方法。

【請求項 21】

発生された信号が光ビームの波長に比例することを特徴とする請求項 19 記載の方法。

【請求項 22】

光ビームを検出するステップと予め定められた帯域内の波長を有する光ビームの部分を検出するステップとは光ビームのモードの同一部分を検出する構成とした請求項 19 記載の方法。

【請求項 23】

伝搬する光ビームの予め定められた第 2 の帯域幅内の波長を有する部分を検出し、前記予め定められた第 2 の帯域幅内の波長を有する前記伝搬する光ビームの部分の光パワーに比例する第 3 の電気信号を発生するステップをさらに含むことを特徴とする請求項 19 記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

発明の分野

本発明は光信号モニタリング、より詳細には光通信信号の波長とパワーをモニターする装置と方法に関する。

【0002】

発明の背景

最新の光ファイバー通信システムは広帯域幅と低透過損失を有している。光ファイバーの帯域幅はどのくらいの情報を光信号の低下によるデータ損失なしに送信できるかを決定する。最新の光ファイバー通信システムの多くは波長分割多重(WDM)を用いている。

【0003】

WDM通信システムにおいては異なる搬送波長を有する別々の信号が単一光ファイバーの中を同時に送信される。ファイバーの中を同時に伝搬する波長の数は通信システムの帯域幅に比例する。各波長帯域幅は通信システムにおいて一定のチャンネル間隔を占有する。搬送波長の間隔が密なほど同時に伝搬できるチャンネルが多くなる。しかしながら波長間隔が小さくなればチャンネル間のクロストークの可能性が増大する。このクロストークはあるチャンネルからのデータが別のチャンネルからのデータと干渉し、それにより通信システムにおいて誤ったデータの伝搬を引き起こし、究極的には受信側でのデータを壊乱する。

【0004】

WDM通信システムにおいて利用可能なチャンネル数を最大にするために各レーザ光源は相対的に安定した波長を有する光ビームを発生しなければならない。WDM送信機に用いられるレーザは一般的には安定した波長の光を発生し、波長は精密に制御できる。しかしながら多くのレーザ光源では温度、老朽化、モード不安定により生じる波長の時間的ドリフトを経験する。波長ドリフトはクロストークを生じ、その結果WDM通信システムにおけるデータ損失を生じ得るので、これをモニターしかつ補償しなければならない。

【0005】

WDM通信システムにおいて光信号の波長をモニターするために多数の装置と方法が用いられてきた。これらの装置と方法のいくつかでは入力信号を二つの信号に分離し、ローパスフィルターで一つの信号をフィルターし、ハイパスフィルターで他の信号をフィルターする。フィルターされた信号は二つの狭い間隔の検出器に向けられる。次に二つの検出器で生じた電気信号は比較される。フィルターの特性を正しく選択することにより光信号の波長を精密に決定し、モニターすることができる。

【0006】

WDM通信システムにおいて光信号の波長をモニターするために用いられる他の装置と方法においては結晶格子あるいは回折格子のようなチャンネル選択器と光信号をモニターするための波長計とを用いる。例えばある先行技術においては光信号は先ずチャンネル選択器によりチャンネルに分離され、そのあとに各チャンネルにおける光信号の波長をモニターする波長計に伝搬される。

【0007】

これらの先行技術の波長モニターは複雑でありまた大きな体積を占めるので最新の大容量光通信システムに対しては一般的には実用的ではない。さらにこれらの先行技術の波長モニターは通信信号の波長を測定するために差分検出法を用いており、これは誤った測定を生じ得る。これらの差分検出法は導波路モードの異なる部分を抽出する少なくとも二つの光検出器を必要とする。

【0008】

導波路モードの二つの異なる部分を測定することはモード不安定による測定波長の不確実性につながり得る。これらの不確実性は誤った測定を生じ、間違った補償を生じ得る。もし導波路がシングルモード光ファイバーであればモードは典型的に非常に安定である。しかしながら導波路がマルチモードであれば、いくつかの条件の下でモード不安定が存在する。伝搬媒体におけるモード不安定を生じるいくつかの要因がある。これらの要因には注入電流レベル、ファセットコーティングの条件、効率および動作温度を含む。

【0009】

発明の概要

本発明は波長およびパワーのモニターに関し、差分検出や先行技術の波長モニター方法のもつ不利益を被らない。本発明の原理的発見は光波長およびパワーモニターが単一光ビームのモードの1つの部分をモニターすべく構成され、単一光ビームの波長と光パワーを実質的に同時に決定できるということである。

【0010】

従って本発明は光ビームの光路中に配置された第1の検出器を含む光ビームモニターを特徴とする。一つの例においては第1の検出器は光ビームの一部を透過する半透明光検出器を備える。第1の検出器は光ビームの一部が第1の検出器から反射されるのを防止する反射防止コーティングを含む。第1の検出器は入射光ビームの光パワーに比例する電気信号を発生する。 10

【0011】

ファブリーペローフィルターや薄膜フィルターのような光フィルターが光ビームの光路中に配置され、光ビームの内の光フィルターの帯域幅内の波長に対応する部分を通過させる。一つの例においては光フィルターは狭いバンドパスフィルターにより構成される。基板は第1の検出器と光フィルターの間に配置してもよい。一つの例においては基板はガラスで形成される。一つの例においては基板は反射を防止するために少なくとも基板の一端に施した反射防止コーティングを有する。別の例においては反射されたどのビームも第1検出器からそらし、それにより間違った信号の検出を減少させるためにガラス楔が第1の検出器と光フィルターの間に配置される。ガラス楔は反射を防止するための反射防止膜を有していてもよい。 20

【0012】

第2の検出器が光ビームの光路中に配置される。第2の検出器はフィルターされた光ビームの光パワーに比例する第2の電気信号を発生する。処理装置が第1と第2の検出器に結合され、光ビームの波長とパワーを特徴付ける信号を発生するために用いられる。この信号は光ビームを発生する光源の波長とパワーを制御するために使用できる。

【0013】

本発明はまた波長分割多重化通信システムにおける光信号のパワーと波長をモニターする装置を特徴とする。この装置は光ビームを発生する多波長レーザを含む。第1の検出器は光ビームの光路中に配置される。第1の検出器は通信システム中を伝搬する光ビームの光パワーに比例する電気信号を発生する。光フィルターが光ビームの光路中に配置される。光フィルターは光ビームの内の通信システムのチャンネルに対応する部分を透過する。 30

【0014】

第2の検出器が光ビームの光路中に配置される。第2の検出器は前記チャンネルに対応する、フィルターされた光ビームの光パワーに比例する第2の電気信号を発生する。信号処理装置は第1と第2の電気信号を受ける。信号処理装置は通信システム中を伝搬する光ビームの波長とパワーに対応する少なくとも一つの信号を発生する。この信号は多波長レーザの波長とパワーを制御するために使用できる。

【0015】

本発明はまた光ビームの波長とパワーをモニターする方法を特徴とする。この方法は光ビームを検出することと、この光ビームの光パワーに対応する第1の電気信号を発生することとを含む。光ビームの予め定められた帯域幅内の波長を有する部分が次に検出される。予め定められた帯域幅内の光ビームの部分の光パワーに対応する第2の電気信号が発生される。第1および第2の電気信号が処理され、光ビームを特徴づける信号が発生される。一つの例においてはこの信号は光ビームを発生する光源を制御する。 40

【0016】

本発明の上記および他の目的、特徴、利点、およびそれらを実現する方法は以下の説明の検討と添付された請求範囲から、発明の多数の実施例のいくつかを示す添付図面を参照して明らかになり理解されるであろう。

【0017】

詳細説明

図１は差分検出器を用いる先行技術の波長モニター１０の概念図である。光源１２は光ビーム１４を発生する。ビームスプリッタ１６はビーム１４の一部を抽出し、抽出されたビーム１８を第２のビームスプリッタ２０に向ける。第２のビームスプリッタ２０は抽出されたビームを第１の抽出ビーム２２と第２の抽出ビーム２４に分割する。第２のビームスプリッタ２０は第１の抽出ビーム２２をローパスフィルター２６に向け、第２の抽出ビーム２４をハイパスフィルター２８に向ける。モニター１０は第２の抽出ビーム２４をハイパスフィルター２８に向けるためにミラー３０を用いる。第１の検出器３２はローパスフィルター２６を透過するビームの光パワーを測定する。第２の検出器３４はハイパスフィルター２８を透過するビームの光パワーを測定する。

10

【００１８】

図２は図１の先行技術の波長モニターの第１の検出器３２と第２の検出器３４の出力特性を表すグラフである。第１の検出器３２はローパス特性３６を測定する。第２の検出器３４はハイパス特性３８を測定する。一般的にはローパスフィルター３２とハイパスフィルター３４の両者の中心周波数が光源１２により生ずる光ビーム１４の波長と同様になるように選択される。

【００１９】

動作においては光ビーム１４の波長が変化すると第１の検出器３２により検出される光パワーは第２の検出器３４により検出される光パワーの変化に反比例する方向に変化する。従って光ビーム１４の波長は第１の検出器３２により検出される光パワーの第２の検出器 34 により検出される光パワーに対する比を測定することによりモニターできる。この比は光源１２により発生される光ビームの波長変化に高感度な尺度である。しかしながらこの方法は光学モードの異なる部分を測定する光検出器を用いる。従ってこの方法では前記のようなモード不安定による測定波長の不確実に陥り易い。

20

【００２０】

図３は本発明の波長およびパワーモニター４０の一つの実施例の概念図である。モニター４０は入射光ビーム４２を発生する光源４１を含む。入射光ビーム４２の光路中にコリメータレンズ（図示せず）を配置してもよい。一つの実施例においては光源４１は波長分割多重化（ＷＤＭ）通信システムでの使用に適した波長可変半導体レーザである。例えば光源４１は分布帰還型半導体レーザでもよい。

30

【００２１】

モニター４０はまた部分透明の第１のフォトダイオード４４を含む。第１のフォトダイオード４４は入射光ビーム４２の光パワーに比例する第１の電気信号を発生する。光ビーム４２の一部は第１のフォトダイオード４４の出射面４３を透過する。第１のフォトダイオード４４は入射面からの反射光を低減するための入射面４６上に反射防止（ＡＲ）コーティングを有していてもよい。

【００２２】

第１のフォトダイオード４４は少なくとも部分透明の基板４８に取り付けられる。基板４８はガラスで出来ていてもよい。基板４８は反射光が第１のフォトダイオード４４に当たって誤った信号を生じないように入射面５０の上にＡＲコーティングを有していてもよい。別の実施例においてはどの反射ビームも第１のフォトダイオード４４からそらし、それにより誤った信号を防止するために基板４８は楔形をしている。

40

【００２３】

モニター４０はまた基板４８の出射面５１の上に配置される薄膜光フィルター５２を含む。別の実施例においては自由空間が第１のフォトダイオード４４と薄膜光フィルター５２を分離し、フィルター５２が光ビーム４２の伝搬方向に配置される。薄膜フィルター５２は狭いバンドパスフィルタでもよい。

【００２４】

第２のフォトダイオード５４がビーム４２の伝搬方向において薄膜フィルター５２に隣接して配置される。第２のフォトダイオード５４は光ビーム４２のフィルターされた部分の

50

光パワーに比例する電気信号を発生する。第1のフォトダイオード44により検出されて誤った信号を生じ得る反射光を低減するために第2のフォトダイオード54は入射面56上にARコーティングを有していてもよい。

【0025】

信号処理装置58は第1および第2の電気信号を受け、光ビームを特徴づける出力信号を発生する。一つの実施例においては信号処理装置58は光ビームのフィルターされた部分の光パワー P の、入射光ビームの光パワー $P_{m \circ n}$ に対する比に比例する信号を発生する。即ち信号処理装置は $P / P_{m \circ n}$ に比例する信号を発生する。別の実施例においては信号処理装置は P と $P_{m \circ n}$ の差の、 P と $P_{m \circ n}$ の和に対する比に比例する信号を発生する。即ち信号処理装置は $(P - P_{m \circ n}) / (P + P_{m \circ n})$ に比例する信号を発生する。このように本発明の一つの実施例においてはモニター40の波長伝達関数は $P / P_{m \circ n}$ でも $(P - P_{m \circ n}) / (P + P_{m \circ n})$ でもよい。

10

【0026】

信号処理装置58の出力信号は光源41の波長およびパワーを制御するために使用できる。一つの実施例においては光源41は波長可変レーザであり、信号処理装置58の出力は光源制御装置59に電氣的に接続される。信号処理装置により発生された信号は光源制御装置59に対し光源41の波長およびパワーを変化させるようにする。

【0027】

動作においては第1のフォトダイオード44は入射光ビーム42の光パワー($P_{m \circ n}$)に比例する信号を発生する。第1のフォトダイオード44により吸収されなかった入射光ビームの部分は基板48を通してフィルター52に伝搬する。フィルター52は光ビーム42の内の予め定められた帯域幅内の波長を持つ部分を透過させる。そのあと、光ビーム42のフィルターされた部分が第2のフォトダイオード54により検出される。第2のフォトダイオード54は光ビームのフィルターされた部分の光パワー(P)に比例する電気信号を発生する。

20

【0028】

信号処理装置58は光ビームを特徴づける信号を発生する。信号は $P / P_{m \circ n}$ に比例しても、 $(P - P_{m \circ n}) / (P + P_{m \circ n})$ に比例してもよい。信号処理装置58により発生された信号から入射ビーム42の波長と光パワーの変化をモニターできる。

30

【0029】

一つの実施例においてはモニター40は信号処理装置58の出力に電氣的に接続される光源制御装置59を含む。光源制御装置59は信号処理装置58から信号を受け、光源41の波長とパワーを調整する。一つの実施例においては光源制御装置59は熱電冷却装置であり、光源制御装置59は光源41の温度を調整する。別の実施例においては光源制御装置59はレーザ駆動電流制御装置59であり、光源制御装置59は光源41の駆動電流を調整する。

【0030】

図4は本発明の波長およびパワーモニター60の別の実施例の概念図である。モニター60は図3に関連して説明したモニター40に類似している。モニター60は部分透明の第1のフォトダイオード44を含む。第1のフォトダイオード44は入射光ビーム42の光パワーに比例する第1の電気信号を発生する。第1のフォトダイオード44は入射面からの反射光を低減するために入射面46上にARコーティングを有していてもよい。

40

【0031】

モニター60は基板を有していない。その代わりモニター60は光ビーム42の伝搬方向において第1のフォトダイオード44に直接隣接して配置される薄膜光フィルター52を含む。薄膜フィルター52は狭いバンドパスフィルターでもよい。第2のフォトダイオード54は光ビーム42の伝搬方向において薄膜フィルター52に隣接して配置される。第2のフォトダイオード54は光ビーム42のフィルターされた部分の光パワーに比例する電気信号を発生する。第2のフォトダイオード54は第1のフォトダイオード44により

50

検出され得る反射光を低減するために入射面 5 6 上に A R コーティングを有していてもよい。

【 0 0 3 2 】

信号処理装置 5 8 は第 1 および第 2 の電気信号を受け、光ビームを特徴づける出力信号を発生する。本発明の一つの実施例においては信号処理装置 5 8 は $P / P_{m.o.n}$ または $(P - P_{m.o.n}) / (P + P_{m.o.n})$ に比例する信号を発生する。信号処理装置 5 8 により発生された信号から入射ビーム 4 2 の波長および光パワーの変化をモニターできる。一つの実施例においてはモニター 6 0 は信号処理装置 5 8 の出力に電氣的に結合される光源制御装置 5 9 を含む。光源制御装置 5 9 は図 3 に関連して説明したように光源 4 1 の波長およびパワーを制御する。モニター 6 0 の動作は図 3 に関連して説明したモニター 4 0 の動作と同様である。

10

【 0 0 3 3 】

図 5 はバルクのファブリーペロー (F P) フィルターを含む本発明の波長およびパワーモニター 7 0 の別の実施例の概念図である。モニター 7 0 は図 3 に関連して説明したモニター 4 0 に類似している。モニター 7 0 は部分透明の第 1 のフォトダイオード 4 4 を含む。第 1 のフォトダイオード 4 4 は入射光ビーム 4 2 の光パワーに比例する第 1 の電気信号を発生する。第 1 のフォトダイオード 4 4 は入射面からの反射光を低減するために入射面 4 6 上に A R コーティングを有していてもよい。

【 0 0 3 4 】

モニター 7 0 は光ビーム 4 2 の伝搬方向において第 1 のフォトダイオード 4 4 に隣接して配置されるバルクのファブリーペローフィルター 4 9 を含む。ファブリーペローフィルター 4 9 は第 1 のフォトダイオード 4 4 に隣接する一つの端部に配置された第 1 の部分反射ミラー 7 1 と第 2 の端部に配置された第 2 の部分反射ミラー 7 2 とを有する。ファブリーペローフィルター 4 9 は周期的な櫛状の透過率と反射率を発生する。

20

【 0 0 3 5 】

第 2 のフォトダイオード 5 4 はビーム 4 2 の伝搬方向においてファブリーペローフィルター 4 9 に隣接して配置される。第 2 のフォトダイオード 5 4 は光ビーム 4 2 のフィルターされた部分の光パワーに比例する電気信号を発生する。第 2 のフォトダイオード 5 4 は第 1 のフォトダイオード 4 4 に検出され得る反射光を低減するために入射面 5 6 上に A R コーティングを有していてもよい。

30

【 0 0 3 6 】

信号処理装置 5 8 は第 1 および第 2 の電気信号を受け、光ビームを特徴づける出力信号を発生する。信号処理装置 5 8 は $P / P_{m.o.n}$ に比例する信号を発生してもよいし、 $(P - P_{m.o.n}) / (P + P_{m.o.n})$ に比例する信号を発生してもよい。一つの実施例においてはモニター 7 0 は信号処理装置 5 8 の出力に電氣的に結合される光源制御装置 5 9 を含む。光源制御装置 5 9 は図 3 に関連して説明したように光源 4 1 の波長およびパワーを制御する。

【 0 0 3 7 】

図 6 はビームスプリッタ 9 0 を含む本発明の波長およびパワーモニター 7 5 の別の実施例の概念図である。一つの実施例においてはビームスプリッタ 9 0 は無偏光ビームスプリッタにより構成される。ビームスプリッタ 9 0 は入射ビーム 4 2 の伝搬方向にビームの一部を透過し、入射ビーム 4 2 の伝搬方向に垂直な方向にビームの一部を反射する斜辺 9 8 上に付着された部分反射ミラーを含む。ビームスプリッタ 9 0 は入射面 9 2 と出射面 9 4 の少なくとも一方に付着された A R コーティングを有していてもよい。

40

【 0 0 3 8 】

モニター 7 5 は入射ビーム 4 2 の伝搬方向に垂直な方向に配置される第 1 のフォトダイオード 4 4 を含む。第 1 のフォトダイオード 4 4 は入射光ビーム 4 2 の光パワーに比例する電気信号を発生する。第 1 のフォトダイオード 4 4 は入射面からの反射光を低減するために入射面上に A R コーティングを有していてもよい。

【 0 0 3 9 】

50

薄膜フィルタ５２はビーム４２の伝搬方向に配置される。第２のフォトダイオード５４はビーム４２の伝搬方向において薄膜フィルタ５２に隣接して配置される。第２のフォトダイオード５４は光ビーム４２のフィルタされた部分の光パワーに比例する電気信号を発生する。第２のフォトダイオード５４は第１のフォトダイオード４４により検出され得る反射光を低減するためにＡＲコーティングを有していてもよい。薄膜フィルタ５２はビームスプリッタ９０に付着されても、フォトダイオード５４に付着されてもよいし、ビームスプリッタ９０とフォトダイオード５４の間に配置されてもよい。

【００４０】

信号処理装置５８は第１および第２の電気信号を受け、光ビームを特徴づける出力信号を発生する。モニター７５の動作は本発明のモニターの他の実施例の動作と同様である。信号処理装置５８は $P / P_{m \circ n}$ に比例する信号を発生してもよいし、 $(P - P_{m \circ n}) / (P + P_{m \circ n})$ に比例する信号を発生してもよい。一つの実施例においてはモニター７５は信号処理装置５８の出力に電氣的に結合される光源制御装置５９を含む。光源制御装置５９は図３に関連して説明したように光源４１の波長とパワーを制御する。

【００４１】

本発明のモニターはビームスプリッタを用いる多数の他の実施例を有する。例えばモニターの一つの実施例（図示せず）においては第１のフォトダイオードが入射ビームの伝搬方向においてビームスプリッタの後に配置される。薄膜フィルタと第２のフォトダイオードが入射ビームに垂直な方向においてビームスプリッタの後に配置される。この実施例の動作は図６のモニターの動作と同様になり、この実施例の波長伝達関数もまた $(P / P_{m \circ n})$ で表しても、 $(P - P_{m \circ n}) / (P + P_{m \circ n})$ で表してもよい。ここで $P_{m \circ n}$ はフォトダイオードの出力電気信号に比例し、 P は第２のフォトダイオードの出力に比例する。

【００４２】

図７はガラス楔１０２を含む本発明の波長およびパワーモニター１００の別の実施例の概念図である。ガラス楔１０２は図６のビームスプリッタ９０に類似している。ガラス楔１０２は入射ビーム４２の伝搬方向にビームの一部を透過し、入射ビーム４２の伝搬方向に垂直な方向にビームの一部を反射する。

【００４３】

モニター１００は入射ビーム４２の伝搬方向に垂直に配置される第１のフォトダイオード４４を含む。第１のフォトダイオード４４は入射光ビーム４２の光パワーに比例する第１の電気信号を発生する。第１のフォトダイオード４４は入射面からの反射光を低減するために入射面上にＡＲコーティングを有していてもよい。

【００４４】

薄膜フィルタ５２はガラス楔の斜面９８に蒸着又は配置される。第２のフォトダイオード５４はビーム４２の伝搬方向において薄膜フィルタ５２に隣接して配置される。第２のフォトダイオード５４は光ビーム４２のフィルタされた部分の光パワーに比例する電気信号を発生する。第２のフォトダイオード５４は第１のフォトダイオード４４により検出され得る反射光を低減するためにＡＲコーティングを有していてもよい。

【００４５】

信号処理装置５８は第１および第２の電気信号を受け、光ビームを特徴づける出力信号を発生する。モニター７５の動作は本発明のモニターの他の実施例の動作と同様である。信号処理装置５８は $P / P_{m \circ n}$ に比例する信号を発生してもよいし、 $(P - P_{m \circ n}) / (P + P_{m \circ n})$ に比例する信号を発生してもよい。一つの実施例においてはモニター６０は信号処理装置５８の出力に電氣的に結合される光源制御装置５９を含む。光源制御装置５９は図３に関連して説明したように光源４１の波長とパワーを制御する。

【００４６】

図８はファブリーペローフィルタ４９とビームスプリッタ９０をもつガラス基板を含む本発明の波長およびパワーモニター１５０の別の実施例の概念図である。ビームスプリッタ９０は入射ビーム４２の伝搬方向にビームの一部を透過し、入射ビーム４２の伝搬方向

10

20

30

40

50

に垂直な方向にビームの一部を反射する斜面 98 の上に付着された部分反射ミラーを有する。ビームスプリッタ 90 は入射面 92 と出射面 94 の少なくとも一方に付着された A R コーティングを有していてもよい。

【0047】

バルクのファブリーペローフィルター 49 が入射ビーム 42 の伝搬方向に配置される。ファブリーペローフィルター 49 は入射端に配置された第 1 の部分反射ミラー 71 と出口に配置された第 2 の部分反射ミラー 72 を有する。ファブリーペローフィルター 49 は周期的な櫛状の透過率および反射率を生ずる。

【0048】

モニター 150 は入射ビーム 42 の伝搬方向に垂直に配置された第 1 のフォトダイオード 44 を含む。第 1 のフォトダイオード 44 は入射光ビーム 42 の光パワーに比例する第 1 の電気信号を発生する。第 1 のフォトダイオード 44 は入射面からの反射光を低減するために入射面上に A R コーティングを有していてもよい。第 1 のフォトダイオード 44 により検出された光パワーはファブリーペローフィルター 49 から反射されたビームに依存しない。

10

【0049】

モニター 150 は入射ビームの伝搬方向においてファブリーペローフィルター 49 に隣接して配置される第 2 のフォトダイオード 54 を含む。第 2 のフォトダイオード 54 は入射ビーム 42 のフィルターされた部分の光パワーに比例する電気信号を発生する。

【0050】

信号処理装置 58 は第 1 および第 2 の電気信号を受け、光ビーム 42 を特徴づける出力信号を発生する。モニター 150 の動作は本発明のモニターの他の実施例の動作と同様である。信号処理装置 58 は $P / P_{m.o.n}$ に比例する信号を発生してもよいし、 $(P - P_{m.o.n}) / (P + P_{m.o.n})$ に比例する信号を発生してもよい。一つの実施例においてはモニター 150 は信号処理装置 58 の出力に電氣的に結合される光源制御装置 59 を含む。光源制御装置 59 は図 3 に関連して説明したように光源 41 の波長とパワーを制御する。

20

【0051】

図 9 は粗い波長モニター用広帯域薄膜フィルターと、細かい波長モニター用ファブリーペローエタロンとを含む本発明の広帯域波長およびパワーモニター 200 の概念図である。モニター 200 は光ビーム 42 を発生する、波長可変半導体レーザのような光源 41 を含む。入射光ビーム 42 の光路中にコリメータレンズ (図示せず) を配置してもよい。

30

【0052】

ビームスプリッタ 90 が光ビーム 42 の光路中に配置される。一つの実施例においてはビームスプリッタ 90 は無偏光ビームスプリッタにより構成される。ビームスプリッタ 90 は入射ビーム 42 の伝搬方向にビームの一部を透過し、入射ビーム 42 の伝搬方向に垂直な方向にビームの一部を反射する斜面 98 の上に付着された部分反射ミラーを含む。ビームスプリッタ 90 は入射面 92 と出射面 94 の少なくとも一方に付着された A R コーティングを有していてもよい。

【0053】

モニター 200 は入射ビーム 42 の伝搬方向に垂直な方向のビームの部分の光路中に配置される第 2 のビームスプリッタ 202 を含む。第 2 のビームスプリッタ 202 はビームの反射された部分を第 1 の光路 204 と第 2 の光路 206 に分割する。一つの実施例においては第 2 のビームスプリッタ 202 はシリンドリカルレンズである。

40

【0054】

第 1 のフォトダイオード 208 が第 1 の光路 204 中に配置される。第 1 のフォトダイオード 208 は入射光ビーム 42 の光パワーに比例する第 1 の電気信号を発生する。第 1 のフォトダイオード 208 は入射面 209 からの反射光を低減するために入射面 209 の上に A R コーティングを有していてもよい。

【0055】

50

粗いフィルター 210 が第 2 の光路 206 中に配置される。一つの実施例においては粗いフィルター 210 は薄膜フィルターにより構成される。粗いフィルター 210 は比較的広帯域の光信号を通す。第 2 のフォトダイオード 212 が第 2 の光路 206 中に粗いフィルター 210 の後に配置される。第 2 のフォトダイオード 212 は広帯域光信号の光パワーに比例する第 2 の電気信号を発生する。

【0056】

ファブリーペローエタロン 214 が入射ビーム 42 の伝搬方向に配置される。ファブリーペローエタロンあるいはファブリーペロー干渉計はファブリーペローエタロン 214 の多数の光路に対応する多数の波長を有する光信号を通す比較的細い波長の、あるいは狭帯域のフィルターである。第 3 のフォトダイオード 216 が入射ビーム 42 の伝搬方向においてファブリーペローエタロン 214 の後に配置される。第 3 のフォトダイオード 216 はファブリーペローエタロン 214 の多数の光路に対応する多数の波長を検出し、ファブリーペローエタロン 214 により透過されたビームの光パワーに比例する第 3 の電気信号を発生する。

10

【0057】

信号処理装置 58 は第 1、第 2、第 3 の電気信号を受け、光ビーム 42 を特徴づける出力信号を発生する。信号処理装置 58 は $P / P_{m.o.n}$ に比例する信号を発生してもよいし、 $(P - P_{m.o.n}) / (P + P_{m.o.n})$ に比例する信号を発生してもよい。一つの実施例においてはモニター 200 は信号処理装置 58 の出力に電氣的に結合される光源制御装置 59 を含む。光源制御装置 59 は図 3 に関連して説明したように光源 41 の波長およびパワーを制御する。

20

【0058】

図 10 は波長可変レーザ 254 の出力を制御するための本発明の波長およびパワーモニター 252 を含む光通信システム 250 の概念図である。波長可変レーザ 254 は光変調器 256 に光学的に結合される。光変調器 256 は波長可変レーザ 254 の出力を変調し、変調された光ビームを発生する。一つの実施例においては変調された光ビームは光通信システムの光ファイバーに結合される。変調されたビームの一部は波長およびパワーモニター 252 に結合される。一つの実施例においては変調器はマッハツェンダー干渉計であり波長およびパワーモニター 252 は干渉計の第 2 のポートに光学的に結合される。

30

【0059】

波長およびパワーモニター 252 は本発明に従うどのようなモニターであってもよい。例えばモニター 252 は図 9 に関連して説明した広帯域モニターであってもよい。この実施例ではモニター 252 は第 1、第 2、第 3 の電気信号を発生する。信号処理装置 258 は第 1、第 2、第 3 の電気信号を受け、光ビーム 42 を特徴づける信号を出力において発生する。

【0060】

信号処理装置 258 の出力は波長可変レーザ制御装置 260 の入力に電氣的に結合される。波長可変レーザ制御装置 260 は信号処理装置により発生された信号を受け、レーザの光パワーおよび波長を制御する。一つの実施例においては波長可変レーザ制御装置 260 は熱電冷却装置であり、それはレーザの温度を制御することにより波長可変レーザ 254 を制御する。別の実施例においては波長可変レーザ制御装置 260 はレーザ駆動電流制御装置でありレーザの駆動電流を変化することにより波長可変レーザ 254 を制御する。

40

【0061】

本発明の波長およびパワーモニターは先行技術のモニターに対して多数の利点を有している。一つの利点は本発明のモニターが単一光ビームのモードの一つの部分モニターし、単一光ビームの波長と光パワーを実質的に同時に決定することである。単一光ビームのモードの一つの部分モニターすることは前記の差分検出に関連する問題を回避する。本発明のモニターはビームの同一部分を抽出するのでモニターされる光源のモード安定性に影響されにくい。この特徴はモニターの長期安定性を改善する。この特徴はまた半導体レーザを定電流モードではなく定パワーモードで動作することを可能にする。これは半導体レ

50

ーザのモード構造がレーザの注入電流に依存するからである。

【0062】

同等性

発明は具体的な好ましい実施例に言及して詳細に示され、また説明されたが、添付された請求範囲により定義される発明の精神および範囲から逸脱することなく形態および詳細における種々の変更を成し得ることは当業者には言うまでもない。

【図面の簡単な説明】

【図1】差分検出を用いる先行技術の波長モニターの概念図である。

【図2】図1の先行技術の波長モニターの第1および第2の検出器の出力特性を表すグラフである。

【図3】本発明の波長およびパワーモニターの一つの実施例の概念図である。

【図4】基板を含まない本発明の波長およびパワーモニターの別の実施例の概念図である。

【図5】ファブリーペローフィルターを含む本発明の波長およびパワーモニターの別の実施例の概念図である。

【図6】ビームスプリッターを含む本発明の波長およびパワーモニターの一つの実施例の概念図である。

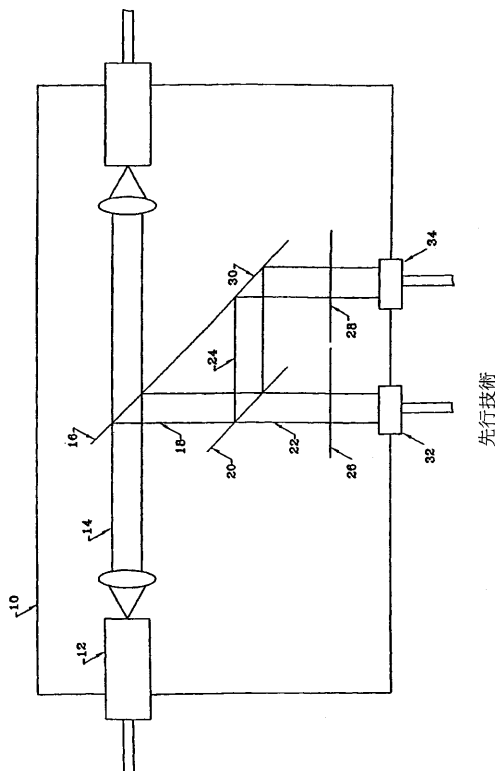
【図7】ガラス楔を含む本発明の波長およびパワーモニターの別の実施例の概念図である。

【図8】ファブリーペローフィルター付きのガラス基板とビームスプリッターを含む本発明の波長およびパワーモニターの別の実施例の概念図である。

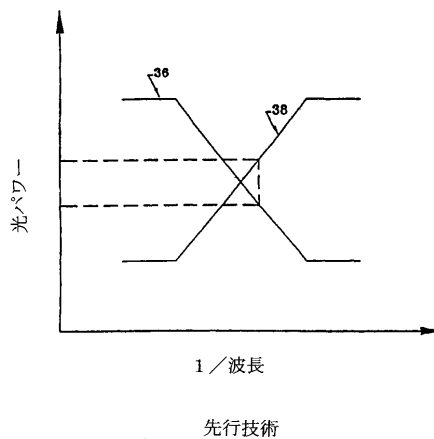
【図9】粗い波長モニター用の広帯域薄膜フィルターと細かい波長モニター用のファブリーペローエタロンを含む本発明の広帯域波長およびパワーモニターの概念図である。

【図10】波長可変レーザの出力を制御するための本発明の波長およびパワーモニターを含む光通信システムの概念図である。

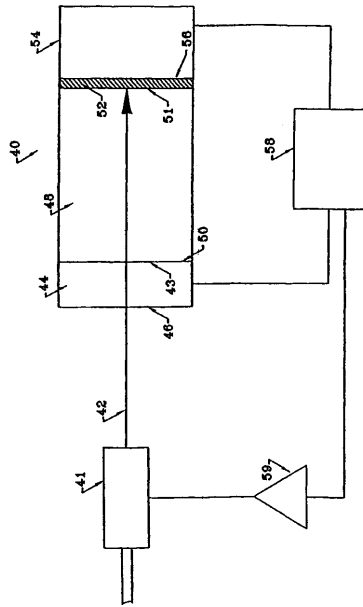
【図1】



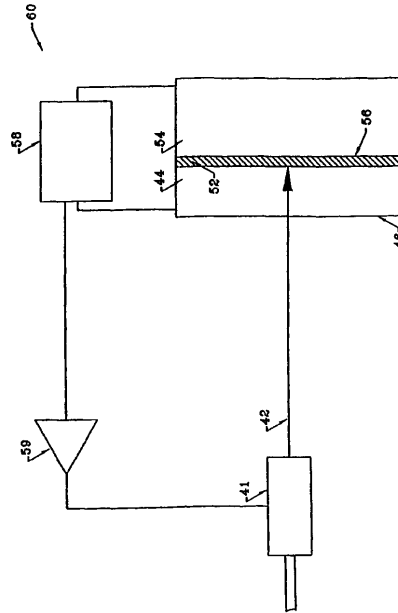
【図2】



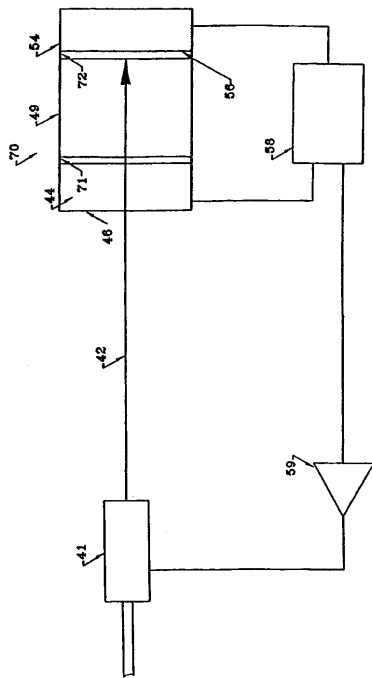
【 図 3 】



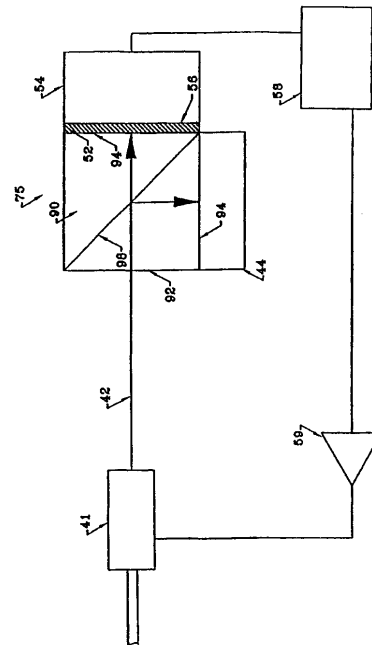
【 図 4 】



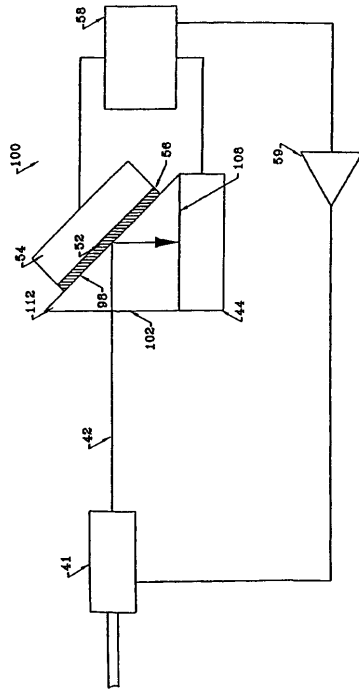
【 図 5 】



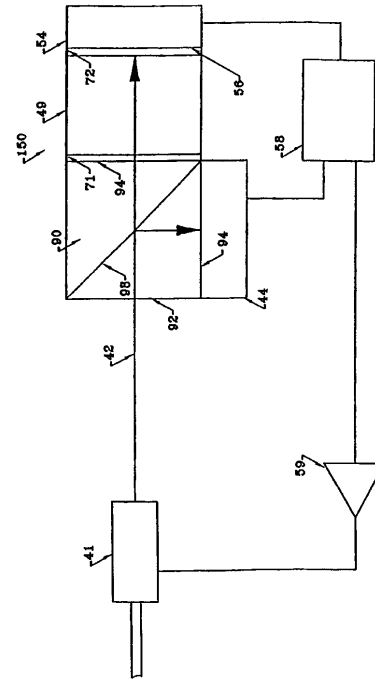
【 図 6 】



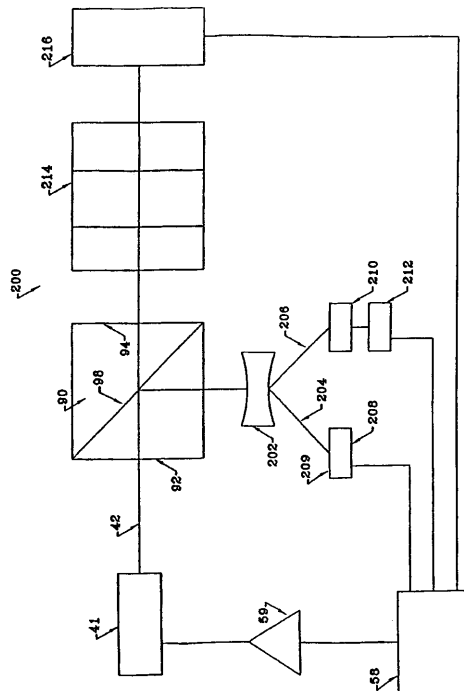
【図 7】



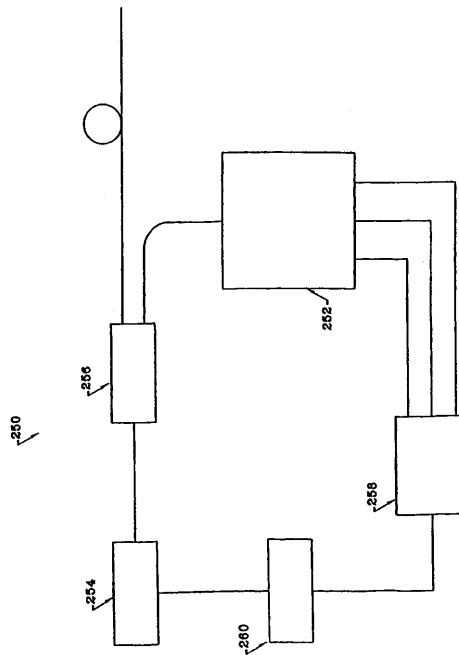
【図 8】



【図 9】



【図 10】



【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau(43) International Publication Date
3 January 2002 (03.01.2002)

PCT

(10) International Publication Number
WO 02/01765 A2(51) International Patent Classification: **H04B 10/08**(74) Agent: RAUSCHENBACH, Kurt; Law Office of Kurt
Rauschenbach, P.O. Box 387, Bedford, MA 01730 (US).

(21) International Application Number: PCT/US01/20224

(81) Designated States (national): CA, JP.

(22) International Filing Date: 25 June 2001 (25.06.2001)

(84) Designated States (regional): European patent (AT, BE,
CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, SE, TR).

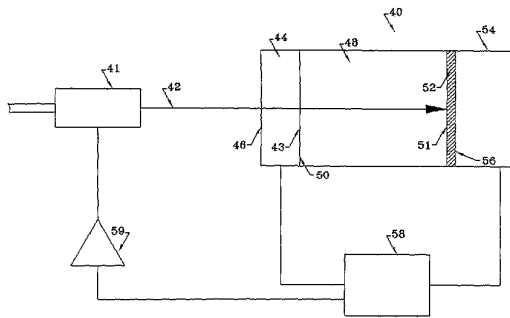
(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

Published:

— without international search report and to be republished
upon receipt of that report(30) Priority Data:
09/603,403 26 June 2000 (26.06.2000) US(71) Applicant: **JDS UNIPHASE CORPORATION**
[US/US]; 210 Baypointe Parkway, San Jose, CA 95134
(US).For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guid-
ance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the begin-
ning of each regular issue of the PCT Gazette.(72) Inventor: **MUNKS, Timothy**; 2 Mountain Crest, North
Granby, CT 06060 (US).

(54) Title: OPTICAL POWER AND WAVELENGTH MONITOR



(57) Abstract: An optical power and wavelength monitor of an optical beam is described. The monitor includes a first detector positioned in the path of the optical beam that generates a first electrical signal that is proportional to an optical power of the optical beam. The monitor also includes an optical filter that is positioned in the path of the optical beam. The optical filter transmits a portion of the optical beam having a wavelength within a bandwidth of the optical filter. A second detector that is positioned in the path of the optical beam generates a second electrical signal that is proportional to an optical power of the filtered optical beam. A signal processor receives the first and second electrical signals and generates a signal that is proportional to the wavelength of the optical beam.

WO 02/01765 A2

WO 02/01765

PCT/US01/20224

Optical Power and Wavelength Monitor**Field of the Invention**

The invention relates to optical signal monitoring, and more particularly to apparatus and methods for monitoring the wavelength and power of an optical communication signal.

Background of the Invention

Modern optical fiber communication systems have high bandwidth and low transmission loss. The bandwidth of an optical fiber determines how much information can be transmitted without losing data due to degradation in the optical signal. Many modern optical fiber communication systems use Wavelength Division Multiplexing (WDM).

In WDM communication systems, separate signals having different carrier wavelengths are transmitted simultaneously through a single optical fiber. The number of wavelengths simultaneously propagating in a fiber is proportional to the bandwidth of the communication system. Each wavelength bandwidth occupies a certain channel spacing in the communication system. The more closely spaced the carrier wavelengths, the more channels that can be propagated simultaneously. However, as the spacing between the wavelengths becomes smaller, the probability of cross talk between channels increases. This cross talk is undesirable because data from one channel interferes with data from another channel, thereby causing erroneous data to be propagated in the communication system and ultimately corrupting the data at the receiver.

In order to maximize the number of available channels in a WDM communication system, each laser source must generate an optical beam having a relatively stable wavelength. The lasers used for WDM transmitters generally emit light at a stable wavelength and the wavelength can be precisely controlled. However, many laser sources experience wavelength drift over time caused by temperature, aging, and modal instability. Wavelength drift can cause cross talk and

WO 02/01765

PCT/US01/20224

result in a loss of data in WDM communication systems and, therefore, must be monitored and compensated.

Numerous apparatus and methods have been used to monitor the wavelength of optical signals in WDM communication systems. Some of these apparatus and methods split an input signal into two signals and filter one signal with a low-pass filter and the other signal with a high-pass filter. The filtered signals are directed to two closely spaced detectors. The electrical signals generated by the two detectors are then compared. By selecting the characteristics of the filters correctly, the wavelength of the optical signals can be precisely determined and monitored.

Other apparatus and methods used to monitor the wavelength of optical signals in WDM communication systems use a channel selector, such as a crystal grating or diffraction grating, and a wavemeter to monitor the optical signals. For example, in one prior art apparatus, an optical signal is first separated into channels by a channel selector and then propagated to a wavemeter that monitors the wavelength of the optical signal in each channel.

These prior art wavelength monitors are generally impractical for modern high capacity optical communication systems because they are complex and occupy relatively large volumes. In addition, these prior art wavelength monitors use differential detection methods to measure the wavelength of the communication signal, which can result in erroneous measurements. These differential detection methods require at least two photodetectors that each sample different portions of the waveguide mode.

Measuring different portions of the waveguide mode can lead to uncertainty in the measured wavelength due to modal instability. These uncertainties can result in erroneous measurements, which can result in incorrect compensation. If the waveguide is a single mode optical fiber, the mode is typically very stable. However, if the waveguide is multimode, there are modal instabilities under some conditions. There are several factors, which cause modal stability in the propagation media. These factors include the level of injection current, the condition of the facet coating, the efficiency and the operating temperature.

WO 02/01765

PCT/US01/20224

Summary of the Invention

The present invention relates to wavelength and power monitors, which do not experience the disadvantages of differential detection and other prior art methods of monitoring wavelength. A principle discovery of the present invention is that an optical wavelength and power monitor can be constructed to monitor one portion of the mode of a single optical beam and can substantially simultaneously determine the wavelength and the optical power of a single optical beam.

Accordingly, the present invention features an optical beam monitor that includes a first detector positioned in the path of an optical beam. In one embodiment, the first detector comprises a semitransparent photodiode that transmits a portion of the optical beam. The first detector may include an anti-reflection coating that prevents a portion of the optical beam from reflecting off of the first detector. The first detector generates an electrical signal that is proportional to the optical power of the incident optical beam.

An optical filter, such as a Fabry-Perot filter or a thin film filter, is positioned in the path of the optical beam and passes a portion of the optical beam corresponding to a wavelength within the bandwidth of the optical filter. In one embodiment, the optical filter comprises a narrow band-pass filter. A substrate may be disposed between the first detector and the optical filter. In one embodiment, the substrate is formed of glass. In one embodiment, the substrate includes an anti-reflection coating on at least one end of the substrate to prevent reflections. In another embodiment, a glass wedge is disposed between the first detector and the optical filter in order to deflect any reflected beams away from the first photodiode, thereby reducing the detection of erroneous signals. The glass wedge may include an anti-reflection coating to prevent reflections.

A second detector is positioned in the path of the optical beam. The second detector generates a second electrical signal that is proportional to the optical power of the filtered optical beam. A processor is electrically coupled to the first and second detector and is used to generate a signal that characterizes the wavelength and power of the optical beam. This signal can be used to control the wavelength and power of the optical source that generates the optical beam.

WO 02/01765

PCT/US01/20224

The present invention also features an apparatus for monitoring the optical power and the wavelength of optical signals in a wavelength division multiplexed communication system. The apparatus includes a multi-wavelength laser that generates an optical beam. A first detector is positioned in a path of the optical beam. The first detector generates a first electrical signal that is proportional to an optical power of the optical beam transmitting in the communication system. An optical filter is positioned in the path of the optical beam. The optical filter transmits a portion of the optical beam that corresponds to a channel of the communication system.

A second detector is positioned in the path of the optical beam. The second detector generates a second electrical signal that is proportional to an optical power of the filtered optical beam corresponding to the channel. A signal processor receives the first and second electrical signals. The signal processor generates at least one signal that corresponds to the wavelength and power of the optical beam transmitting in the communication system. This signal can be used to control the wavelength and power of the multi-wavelength laser.

The present invention also features a method for monitoring the wavelength and power of an optical beam. The method includes detecting an optical beam and generating a first electrical signal that corresponds to an optical power of the optical beam. A portion of the optical beam having a wavelength within a predetermined bandwidth is then detected. A second electrical signal is generated that corresponds to an optical power of the portion of the optical beam within the predetermined bandwidth. The first and second electrical signals are processed and a signal is generated that characterizes the optical beam. In one embodiment, the signal controls a source that generates the optical beam.

The above and other objects, features and advantages of the present invention and the manner of realizing them will become more apparent, and the invention itself will best be understood from a study of the following description and appended claims with reference to the attached drawings showing some of the numerous embodiments of the invention.

WO 02/01765

PCT/US01/20224

Brief Description of the Drawings

Fig. 1 is a schematic diagram of a prior art wavelength monitor that uses differential detection.

Fig. 2 is a graph that illustrates the output characteristics of the first and second detector of the prior art wavelength monitor of Fig. 1.

Fig. 3 is a schematic diagram of one embodiment of a wavelength and power monitor of the present invention.

Fig. 4 is a schematic diagram of another embodiment of the wavelength and power monitor of the present invention that does not include a substrate.

Fig. 5 is a schematic diagram of another embodiment of the wavelength and power monitor of the present invention that includes a Fabry-Perot filter.

Fig. 6 is a schematic diagram of one embodiment of the wavelength and power monitor of the present invention that includes a beam splitter.

Fig. 7 is a schematic diagram of another embodiment of the wavelength and power monitor of the present invention that includes a glass wedge.

Fig. 8 is a schematic diagram of another embodiment of the wavelength and power monitor of the present invention that includes a glass substrate with a Fabry-Perot filter and a beam splitter.

Fig. 9 is a schematic diagram of a broadband wavelength and power monitor of the present invention that includes a wideband thin film filter for coarse wavelength monitoring and a Fabry-Perot Etalon for fine wavelength monitoring.

Fig. 10 is a schematic diagram of an optical communication system that includes the wavelength and power monitor of the present invention to control the output of a tunable laser.

Detailed Description

Fig. 1 is a schematic diagram of a prior art wavelength monitor 10 that uses differential detection. A source 12 generates an optical beam 14. A beam splitter 16

WO 02/01765

PCT/US01/20224

samples a portion of beam 14 and directs a sampled beam 18 to a second beam splitter 20. The second beam splitter 20 splits the sampled beam into a first 22 and second sampled beam 24. The second beam splitter 20 directs the first sampled beam 22 to a low pass filter 26 and the second sampled beam 24 to a high pass filter 28. The monitor 10 uses a mirror 30 to direct the second sampled beam 24 to the high pass filter 28. A first detector 32 measures the optical power of the beam transmitting through the low pass filter 26. A second detector 34 measures the optical power of the beam transmitting through the high pass filter 28.

Fig. 2 is a graph that illustrates the output characteristics of the first 32 and second detector 34 of the prior art wavelength monitor of Fig. 1. The first detector 32 measures a low pass characteristic 36. The second detector 34 measures a high pass characteristic 38. The center frequency of both the low pass 32 and high pass filter 34 is generally chosen to approximate the wavelength of the optical beam 14 generated by source 12.

In operation, as the wavelength of the optical beam 14 changes, the optical power detected by the first 32 detector changes in a direction that is inversely proportional to the change in the optical power detected by the second detector 34. Therefore, the wavelength of the optical beam 14 can be monitored by measuring the ratio of optical power detected by the first 32 detector to the optical power detected by the second detector 34. This ratio is a sensitive measure of the change in the wavelength of the optical beam generated by source 12. This method, however, uses two photodetectors that measure different portions of the optical mode. Therefore, this method is subject to uncertainty in the measured wavelength due to modal instability as described above.

Fig. 3 is a schematic diagram of one embodiment of a wavelength and power monitor 40 of the present invention. The monitor 40 includes an optical source 41 that generates an incident optical beam 42. A collimating lens (not shown) may be positioned in the path of the incident optical beam 42. In one embodiment, the optical source 41 is a tunable semiconductor laser that is suitable for use in a wavelength division multiplexed (WDM) communication system. For example, the optical source 41 may be a distributed feedback semiconductor laser.

WO 02/01765

PCT/US01/20224

The monitor 40 also includes a first photodiode 44 that is partially transparent. The first photodiode 44 generates a first electrical signal that is proportional to the optical power of the incident optical beam 42. A portion of the optical beam 42 is transmitted through an exit surface 43 of the first photodiode 44. The first photodiode 44 may include an anti-reflection (AR) coating on an incident surface 46 to reduce reflections from the incident surface.

The first photodiode 44 is mounted to a substrate 48 that is at least partially transparent. The substrate 48 may comprise glass. The substrate 48 may have an AR coating on an incident surface 50 to prevent reflected light from striking the first photodiode 44 and generating an erroneous signal. In another embodiment, the substrate 48 is wedge shaped in order to deflect any reflected beams away from the first photodiode 44, thereby preventing erroneous signals.

The monitor 40 also includes a thin film optical filter 52 that is positioned on an exit surface 51 of the substrate 48. In another embodiment, free space separates the first photodiode 44 from the thin film optical filter 52 and the filter 52 is positioned in the direction of propagation of the optical beam 42. The thin film filter 52 may be a narrow band-pass filter.

A second photodiode 54 is positioned adjacent to the thin film filter 52 in the direction of propagation of beam 42. The second photodiode 54 generates an electrical signal that is proportional to the optical power of the filtered portion of the optical beam 42. The second photodiode 54 may include an AR coating on an incident surface 56 to reduce reflections that can be detected by the first photodiode 44 and that can result in erroneous signals.

A signal processor 58 receives the first and second electrical signals and generates an output signal that characterizes the optical beam. In one embodiment, the signal processor 58 generates a signal that is proportional to the ratio of the optical power of the filtered portion of the optical beam P_λ to the optical power of the incident optical beam P_{mon} . That is, the signal processor generates a signal that is proportional to P_λ/P_{mon} . In another embodiment, the signal processor generates a signal that is proportional to the ratio of the difference between P_λ and P_{mon} to the sum of P_λ and P_{mon} . That is, the signal processor generates a signal that is proportional to $(P_\lambda -$

WO 02/01765

PCT/US01/20224

$P_{\text{mon}})/(P_{\lambda} + P_{\text{mon}})$. Thus in one embodiment of the invention, the wavelength transfer function of the monitor 40 can be either $P_{\lambda}/P_{\text{mon}}$ or $(P_{\lambda} - P_{\text{mon}})/(P_{\lambda} + P_{\text{mon}})$.

The output signal of the signal processor 58 can be used to control the wavelength and power of the optical source 41. In one embodiment, the optical source 41 is a tunable laser and an output of the signal processor 58 is electrically connected to a source controller 59. The signal generated by the signal processor causes the source controller 59 to change the wavelength and power of the optical source 41.

In operation, the first photodiode 44 generates an electrical signal that is proportional to the optical power of the incident optical beam 42 (P_{mon}). The portion of the incident optical beam that was not absorbed by the first photodiode 44 propagates through substrate 48 to filter 52. Filter 52 transmits a portion of the optical beam 42 that has a wavelength within a predetermined bandwidth. The filtered portion of the optical beam 42 is then detected by the second photodiode 54. The second photodiode 54 generates an electrical signal that is proportional to the optical power of the filtered portion of the optical beam (P_{λ}).

The signal processor 58 generates a signal that characterizes the optical beam. The signal may be proportional to $P_{\lambda}/P_{\text{mon}}$ or may be proportional to $(P_{\lambda} - P_{\text{mon}})/(P_{\lambda} + P_{\text{mon}})$. From the signal generated by the signal processor 58, changes in the wavelength and the optical power of the incident beam 42 can be monitored.

In one embodiment, the monitor 40 includes a source controller 59 that is electrically connected to an output of the signal processor 58. The source controller 59 receives the signal from the signal processor 58 and adjusts the wavelength and power of the optical source 41. In one embodiment, the source controller 59 is a thermo-electric cooler and the source controller 59 adjusts the temperature of the optical source 41. In another embodiment, the source controller 59 is a laser drive current controller 59 and the source controller 59 adjusts the drive current of the optical source 41.

Fig. 4 is a schematic diagram of another embodiment of the wavelength and power monitor 60 of the present invention. The monitor 60 is similar to the monitor

WO 02/01765

PCT/US01/20224

40 described in connection with Fig. 3. The monitor 60 includes a first photodiode 44 that is partially transparent. The first photodiode 44 generates a first electrical signal that is proportional to the optical power of the incident optical beam 42. The first photodiode 44 may include an AR coating on an incident surface 46 to reduce reflections from the incident surface.

The monitor 60 does not have a substrate. Instead, the monitor 60 includes a thin film optical filter 52 that is positioned directly adjacent to the first photodiode 44 in the direction of propagation of optical beam 42. The thin film filter 52 may be a narrow band-pass filter. A second photodiode 54 is positioned adjacent to the thin film filter 52 in the direction of propagation of optical beam 42. The second photodiode 54 generates an electrical signal that is proportional to the optical power of the filtered portion of the optical beam 42. The second photodiode 54 may include an AR coating on an incident surface 56 to reduce reflections that can be detected by the first photodiode 44.

A signal processor 58 receives the first and second electrical signals and generates an output signal that characterizes the optical beam. In one embodiment of the invention, the signal processor 58 generates a signal that is proportional to P_λ/P_{mon} or $(P_\lambda - P_{mon})/(P_\lambda + P_{mon})$. From the signal generated by the signal processor 58, changes in the wavelength and the optical power of the incident beam 42 can be monitored. In one embodiment, the monitor 60 includes a source controller 59 that is electrically coupled to the output of the signal processor 58. The source controller 59 controls the wavelength and power of the optical source 41 as described in connection with Fig. 3. The operation of the monitor 60 is similar to the operation of monitor 40 described in connection with Fig. 3.

Fig. 5 is a schematic diagram of another embodiment of the wavelength and power monitor 70 of the present invention that includes a bulk Fabry-Perot (FP) filter. The monitor 70 is similar to the monitor 40 described in connection with Fig. 3. The monitor 70 includes a first photodiode 44 that is partially transparent. The first photodiode 44 generates a first electrical signal that is proportional to the optical power of the incident optical beam 42. The first photodiode 44 may include an AR coating on an incident surface 46 to reduce reflections from the incident surface.

WO 02/01765

PCT/US01/20224

The monitor 70 includes a bulk Fabry-Perot filter 49 that is positioned adjacent to the first photodiode 44 in the direction of propagation of beam 42. The Fabry-Perot filter 49 has a first partially reflecting mirror 71 positioned at one end adjacent to the first photodiode 44 and a second partially reflecting mirror 72 positioned at a second end. The Fabry-Perot filter 49 produces a repetitive, comb-like transmittance and reflectance.

A second photodiode 54 is positioned adjacent to the Fabry-Perot filter 49 in the direction of propagation of beam 42. The second photodiode 54 generates an electrical signal that is proportional to the optical power of the filtered portion of the optical beam 42. The second photodiode 54 may include an AR coating on an incident surface 56 to reduce reflections that can be detected by the first photodiode 44.

A signal processor 58 receives the first and second electrical signals and generates an output signal that characterizes the optical beam. The signal processor 58 may generate a signal that is proportional to P_A/P_{mon} or a signal that is proportional to $(P_A - P_{\text{mon}})/(P_A + P_{\text{mon}})$. In one embodiment, the monitor 70 includes a source controller 59 that is electrically coupled to the output of the signal processor 58. The source controller 59 controls the wavelength and power of the optical source 41 as described in connection with Fig. 3.

Fig. 6 is a schematic diagram of another embodiment of the wavelength and power monitor 75 of the present invention that includes a beam splitter 90. In one embodiment, the beam splitter 90 comprises a non-polarizing beam splitter. The beam splitter 90 includes a partially reflecting mirror deposited on a hypotenuse 98 that transmits a portion of the beam in the direction of propagation of the incident beam 42 and reflects a portion of beam in the direction perpendicular to the direction of propagation of incident beam 42. Beam splitter 90 may have an AR coating deposited on at least one of an incident surface 92 and an exit surface 94.

The monitor 75 includes a first photodiode 44 that is positioned in the direction perpendicular to the direction of propagation of incident beam 42. The first photodiode 44 generates a first electrical signal that is proportional to the optical

WO 02/01765

PCT/US01/20224

power of the incident optical beam 42. The first photodiode 44 may include an AR coating on an incident surface to reduce reflections from the incident surface.

A thin film filter 52 is positioned in the direction of propagation of beam 42. A second photodiode 54 is positioned adjacent to the thin film filter 52 in the direction of propagation of beam 42. The second photodiode 54 generates an electrical signal that is proportional to the optical power of the filtered portion of the optical beam 42. The second photodiode 54 may include an AR coating to reduce reflections that can be detected by the first photodiode 44. The thin film filter 52 may be deposited onto beam splitter 90 or onto photodiode 54 or may be positioned between the beam splitter 90 and the photodiode 54.

A signal processor 58 receives the first and second electrical signals and generates an output signal that characterizes the optical beam. The operation of the monitor 75 is similar to the operation of the other embodiments of the monitor of the present invention. The signal processor 58 may generate a signal that is proportional to P_λ/P_{mon} or a signal that is proportional to $(P_\lambda - P_{mon})/(P_\lambda + P_{mon})$. In one embodiment, the monitor 75 includes a source controller 59 that is electrically coupled to the output of the signal processor 58. The source controller 59 controls the wavelength and power of the optical source 41 as described in connection with Fig. 3.

The monitor of the present invention has numerous other embodiments that use a beam splitter. For example, in one embodiment of the monitor (not shown), a first photodiode is positioned after the beam splitter in the direction of propagation of incident beam. A thin film filter and second photodiode are positioned after the beam splitter in the direction perpendicular to the incident beam. The operation of this embodiment is similar to the operation of the monitor of Fig 6 and the wavelength transfer function of this embodiment can also be represented by (P_λ/P_{mon}) or by $(P_\lambda - P_{mon})/(P_\lambda + P_{mon})$, where P_{mon} is proportional to the output electrical signal of photodiode and P_λ is proportional to the output of the second photodiode.

Fig. 7 is a schematic diagram of another embodiment of the wavelength and power monitor 100 of the present invention that includes a glass wedge 102. The glass wedge 102 is similar to the beam splitter 90 of Fig. 6. The glass wedge 102 transmits a portion of the beam in the direction of propagation of the incident beam 42

WO 02/01765

PCT/US01/20224

and reflects a portion of beam in a direction perpendicular to the direction of propagation of incident beam 42.

The monitor 100 includes a first photodiode 44 that is positioned perpendicular to the direction of propagation of incident beam 42. The first photodiode 44 generates a first electrical signal that is proportional to the optical power of the incident optical beam 42. The first photodiode 44 may include an AR coating on an incident surface to reduce reflections from the incident surface.

A thin film filter 52 is deposited or positioned on the hypotenuse 98 of the glass wedge. A second photodiode 54 is positioned adjacent to the thin film filter 52 in the direction of propagation of beam 42. The second photodiode 54 generates an electrical signal that is proportional to the optical power of the filtered portion of the optical beam 42. The second photodiode 54 may include an AR coating to reduce reflections that can be detected by the first photodiode 44.

A signal processor 58 receives the first and second electrical signals and generates an output signal that characterizes the optical beam. The operation of the monitor 75 is similar to the operation of the other embodiments of the monitor of the present invention. The signal processor 58 may generate a signal that is proportional to P_{λ}/P_{mon} or a signal that is proportional to $(P_{\lambda} - P_{mon})/(P_{\lambda} + P_{mon})$. In one embodiment, the monitor 60 includes a source controller 59 that is electrically coupled to the output of the signal processor 58. The source controller 59 controls the wavelength and power of the optical source 41 as described in connection with Fig. 3.

Fig. 8 is a schematic diagram of another embodiment of the wavelength and power monitor 150 of the present invention that includes a glass substrate with a Fabry-Perot filter 49 and a beam splitter 90. The beam splitter 90 has a partially reflecting mirror deposited on a hypotenuse 98 that transmits a portion of the beam in the direction of propagation of the incident beam 42 and reflects a portion of beam in a direction perpendicular to the direction of propagation of incident beam 42. Beam splitter 90 may have an AR coating deposited on at least one of an incident surface 92 and an exit surface 94.

A bulk Fabry-Perot filter 49 is positioned in the direction of propagation of the incident beam 42. The Fabry-Perot filter 49 has a first partially reflecting mirror 71

WO 02/01765

PCT/US01/20224

positioned at an incident end and a second partially reflecting mirror 72 positioned at an exit. The Fabry-Perot filter 49 produces a repetitive, comb-like transmittance and reflectance.

The monitor 150 includes a first photodiode 44 that is positioned perpendicular to the direction of propagation of incident beam 42. The first photodiode 44 generates a first electrical signal that is proportional to the optical power of the incident optical beam 42. The first photodiode 44 may include an AR coating on an incident surface to reduce reflections from the incident surface. The optical power detected by the first photodiode 44 is independent of the beam reflected from the Fabry-Perot filter 49.

The monitor 150 includes a second photodiode 54 that is positioned adjacent to the Fabry-Perot filter 49 in the direction of propagation of the incident beam. The second photodiode 54 generates an electrical signal that is proportional to the optical power of the filtered portion of the incident beam 42.

A signal processor 58 receives the first and second electrical signals and generates an output signal that characterizes the optical beam 42. The operation of the monitor 150 is similar to the operation of the other embodiments of the monitor of the present invention. The signal processor 58 may generate a signal that is proportional to P_A/P_{mon} or a signal that is proportional $(P_A - P_{\text{mon}})/(P_A + P_{\text{mon}})$. In one embodiment, the monitor 150 includes a source controller 59 that is electrically coupled to the output of the signal processor 58. The source controller 59 controls the wavelength and power of the optical source 41 as described in connection with Fig. 3.

Fig. 9 is a schematic diagram of a broadband wavelength and power monitor 200 of the present invention that includes a wideband thin film filter for coarse wavelength monitoring and a Fabry-Perot Etalon for fine wavelength monitoring. The monitor 200 includes an optical source 41, such as a tunable semiconductor laser, that generates an optical beam 42. A collimating lens (not shown) may be positioned in the path of the incident optical beam 42.

A beam splitter 90 is positioned in a path of the optical beam 42. In one embodiment, the beam splitter 90 comprises a non-polarizing beam splitter. The beam splitter 90 includes a partially reflecting mirror deposited on a hypotenuse 98

WO 02/01765

PCT/US01/20224

that transmits a portion of the beam in the direction of propagation of the incident beam 42 and reflects a portion of beam in the direction perpendicular to the direction of propagation of incident beam 42. Beam splitter 90 may have an AR coating deposited on at least one of an incident surface 92 and an exit surface 94.

The monitor 200 includes a second beam splitter 202 that is positioned in the path of the portion of beam in the direction perpendicular to the direction of propagation of incident beam 42. The second beam splitter 202 splits the reflected portion of the beam into a first 204 and a second optical path 206. In one embodiment, the second beam splitter 202 is a cylindrical lens.

A first photodiode 208 is positioned in the first path 204. The first photodiode 208 generates a first electrical signal that is proportional to the optical power of the incident optical beam 42. The first photodiode 208 may include an AR coating on an incident surface 209 to reduce reflections from the incident surface 209.

A coarse filter 210 is positioned in the second path 206. In one embodiment, the coarse filter 210 comprises a thin film filter. The coarse filter 210 passes a relatively broadband optical signal. A second photodiode 212 is positioned after the coarse filter 210 in the second path 206. The second photodiode 212 generates a second electrical signal that is proportional to the optical power of the broadband optical signal.

A Fabry-Perot Etalon 214 is positioned in the direction of propagation of the incident beam 42. A Fabry-Perot Etalon or Fabry-Perot interferometer is a relatively fine wavelength or narrow band filter that passes optical signals having multiple wavelengths corresponding to the multiple optical paths of the Fabry-Perot Etalon 214. A third photodiode 216 is positioned in the direction of propagation of the incident beam 42 after the Fabry-Perot Etalon 214. The third photodiode 216 detects the multiple wavelengths corresponding to the multiple optical paths of the Fabry-Perot Etalon 214 and generates a third electrical signal that is proportional to the optical power in the beam transmitted by the Fabry-Perot Etalon 214.

A signal processor 58 receives the first, second, and third electrical signals and generates an output signal that characterizes the optical beam 42. The signal processor 58 may generate a signal that is proportional to P_1/P_{nom} or a signal that is

WO 02/01765

PCT/US01/20224

proportional $(P_{\lambda} - P_{\text{mon}})/(P_{\lambda} + P_{\text{mon}})$. In one embodiment, the monitor 200 includes a source controller 59 that is electrically coupled to the output of the signal processor 58. The source controller 59 controls the wavelength and power of the optical source 41 as described in connection with Fig. 3.

Fig. 10 is a schematic diagram of an optical communication system 250 that includes the wavelength and power monitor of the present invention 252 to control the output of a tunable laser 254. The tunable laser 254 is optically coupled to an optical modulator 256. The optical modulator 256 modulates the output of the tunable laser 254 and generates a modulated optical beam. In one embodiment, the modulated optical beam is coupled into an optical fiber of the optical communication system. A portion of the modulated optical beam is coupled into the wavelength and power monitor 252. In one embodiment, the modulator is a Mach Zehnder interferometer and the wavelength and power monitor 252 is optically coupled to the second port of the interferometer.

The wavelength and power monitor 252 can be any monitor according to the present invention. For example, the monitor 252 can be the broadband monitor described in connection with Fig. 9. In this embodiment, the monitor 252 generates a first, second and third electrical signal. A signal processor 258 receives the first, second, and third electrical signals and generates a signal at an output that characterizes the optical beam 42.

The output of the signal processor 258 is electrically coupled to an input of a tunable laser controller 260. The tunable laser controller 260 receives the signal generated by the signal processor and controls the optical power and wavelength of the laser. In one embodiment, the tunable laser controller 260 is a thermoelectric cooler and that controls the tunable laser 254 by controlling the temperature of the laser. In another embodiment, the tunable laser controller 260 is a laser drive current controller and controls the tunable laser 254 by changing the drive current of the laser.

The wavelength and power monitor of the present invention has numerous advantages over prior art monitors. One advantage is that the monitor of the present invention monitors one portion of the mode of a single optical beam and substantially simultaneously determines the wavelength and the optical power of a single optical

WO 02/01765

PCT/US01/20224

beam. Monitoring one portion of the mode of a single optical beam avoids the problems associated with differential detection that are described above. Since the monitor of the present invention samples the same portion of the beam, it is less susceptible to the modal stability of the optical source being monitored. This feature improves the long-term stability of the monitor. This feature also enables semiconductor laser sources to be operated in a constant power mode instead of a constant current mode. This is because the mode structure of semiconductor lasers is dependent on the injection current of the laser.

WO 02/01765

PCT/US01/20224

Equivalents

While the invention has been particularly shown and described with reference to specific preferred embodiments, it should be understood by those skilled in the art that various changes in form and detail may be made therein without departing from the spirit and scope of the invention as defined by the appended claims.

WO 02/01765

PCT/US01/20224

We Claim:

1. An optical beam monitor comprising:
 - a. a first detector positioned in a path of an optical beam, the first detector generating a first electrical signal that is proportional to an optical power of the optical beam;
 - b. an optical filter positioned in the path of the optical beam, the optical filter transmitting a portion of the optical beam having a wavelength within a bandwidth of the optical filter;
 - c. a second detector positioned in the path of the optical beam, the second detector generating a second electrical signal that is proportional to an optical power of the filtered optical beam; and
 - d. a signal processor that receives the first and second electrical signals, the signal processor generating a signal that characterizes the optical beam.
2. The optical beam monitor of claim 1 wherein the signal generated by the signal processor is proportional to a power of the optical beam.
3. The optical beam monitor of claim 1 wherein the signal generated by the signal processor is proportional to a wavelength of the optical beam.
4. The optical beam monitor of claim 1 wherein at least one of the first detector and the second detector comprises a photodiode.
5. The optical beam monitor of claim 1 wherein the first detector is partially transparent to the optical beam.
6. The optical beam monitor of claim 1 wherein at least one of the first detector and the second detector includes an anti-reflection coating on an incident surface.
7. The optical beam monitor of claim 1 wherein the optical filter comprises a band-pass filter.
8. The optical beam monitor of claim 1 wherein the optical filter comprises a Fabry-Perot filter.

WO 02/01765

PCT/US01/20224

9. The optical beam monitor of claim 1 further comprising a substrate disposed between the first detector and the optical filter.
10. The optical beam monitor of claim 9 wherein the substrate includes an anti-reflection coating on at least one of an incident and an exist surface.
11. The optical beam monitor of claim 9 wherein the substrate comprises glass.
12. The optical beam monitor of claim 1 further comprising a beam splitter that directs a portion of the optical beam to the first detector and a portion of the optical beam to the optical filter.
13. The optical beam monitor of claim 12 wherein the beam splitter includes an anti-reflection coating on at least one of an incident and an exist surface.
14. The optical beam monitor of claim 1 further comprising a glass wedge disposed between the first detector and the optical filter.
15. The optical beam monitor of claim 14 wherein the glass wedge includes an anti-reflection coating on at least one of an incident and an exist surface.
16. The optical beam monitor of claim 1 wherein the optical beam comprises a wavelength division multiplexed optical signal.
17. An optical beam monitor that simultaneously monitors the optical power and the wavelength of optical signals in a wavelength division multiplexed communication system, the apparatus comprising:
 - a. a first detector positioned in a path of the optical beam, the first detector generating a first electrical signal that is proportional to an optical power of the optical beam transmitting in the communication system;
 - b. an optical filter positioned in the path of the optical beam, the optical filter transmitting a filtered portion of the optical beam corresponding to a channel of the communication system;
 - c. a second detector positioned in the path of the optical beam, the second detector generating a second electrical signal that is proportional to an optical

WO 02/01765

PCT/US01/20224

power of the filtered portion of the optical beam corresponding to the channel of the communication system; and

- d. a signal processor that receives the first and second electrical signals, the signal processor generating at least one signal that is proportional to the wavelength and power of the optical beam transmitting in the communication system.

18. The monitor of claim 17 further comprising:

- a. a second optical filter that is positioned in the path of the optical beam, the second optical filter transmitting a broadband filtered portion of the optical beam corresponding to at least two channels of the communication system; and
- b. a third detector that is positioned in the path of the broadband filtered optical beam, the third detector generating a third electrical signal that is proportional to an optical power of the broadband filtered portion of the optical beam corresponding to the at least two channels of the communication system, wherein the signal processor receives the first, second and third electrical signals and generates at least one signal that is proportional to the wavelength and power of the optical beam transmitting in the communication system.

19. A method for monitoring the optical power and the wavelength of an optical beam, the method comprising:

- a. detecting an optical beam and generating a first electrical signal that is proportional to an optical power of the optical beam;
- b. detecting a portion of the optical beam having a wavelength within a predetermined bandwidth and generating a second electrical signal that is proportional to an optical power of the portion of the optical beam having a wavelength within the predetermined bandwidth; and
- c. processing the first and second electrical signals to generate a signal that characterizes the optical beam.

WO 02/01765

PCT/US01/20224

20. The method of claim 19 wherein the generated signal is proportional to a power of the optical beam.
21. The method of claim 19 wherein the generated signal is proportional to a wavelength of the optical beam.
22. The method of claim 19 wherein the steps of detecting an optical beam and detecting a portion of the optical beam having a wavelength within a predetermined bandwidth comprise detecting the same portion of a mode of the optical beam.
23. The method of claim 19 further comprising the step of detecting a portion of the transmitted optical beam having a wavelength within a second predetermined bandwidth and generating a third electrical signal that is proportional to an optical power of the portion of the transmitted optical beam having a wavelength within a second predetermined bandwidth.

WO 02/01765

PCT/US01/20224

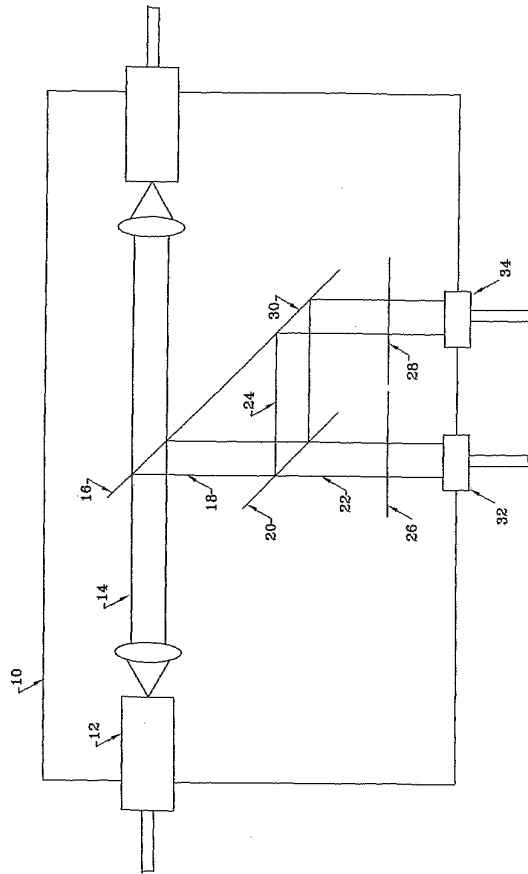


Fig. 1
Prior Art

WO 02/01765

PCT/US01/20224

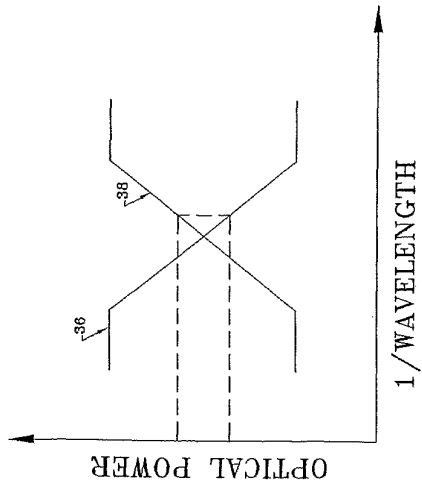


Fig. 2
Prior Art

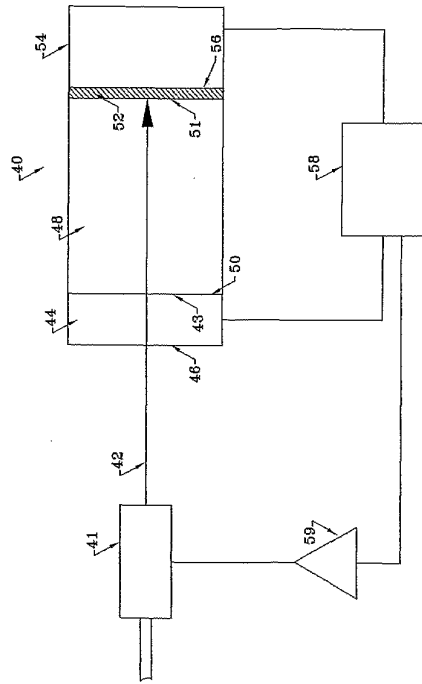


Fig. 3

WO 02/01765

PCT/US01/20224

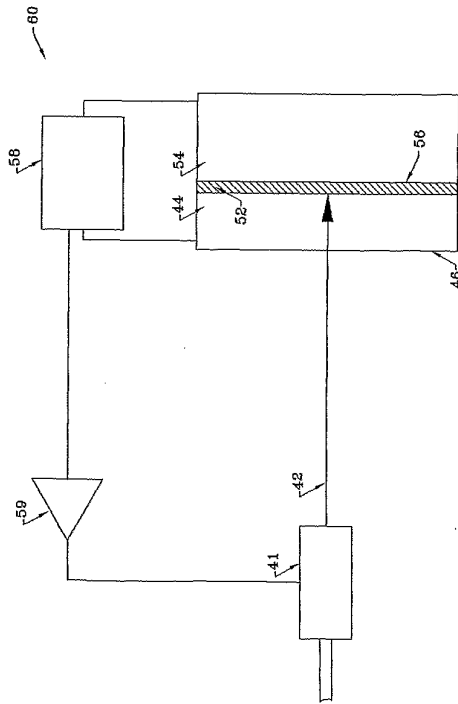


Fig. 4

WO 02/01765

PCT/US01/20224

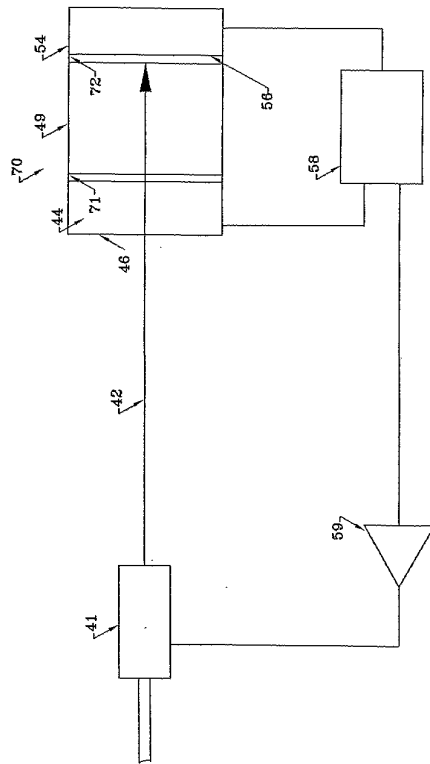


Fig. 5

WO 02/01765

PCT/US01/20224

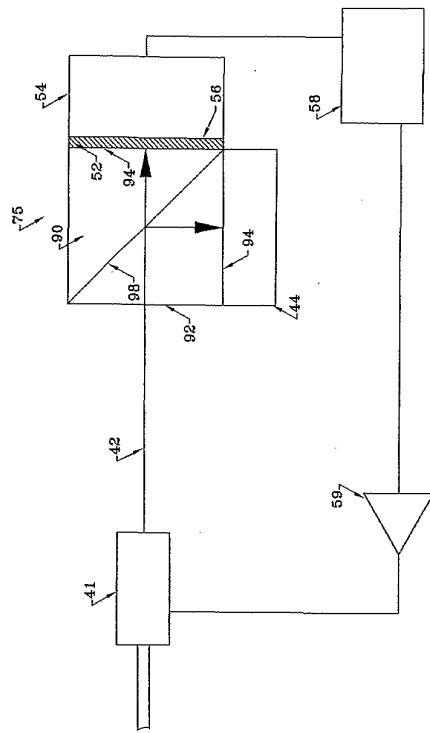


Fig. 6

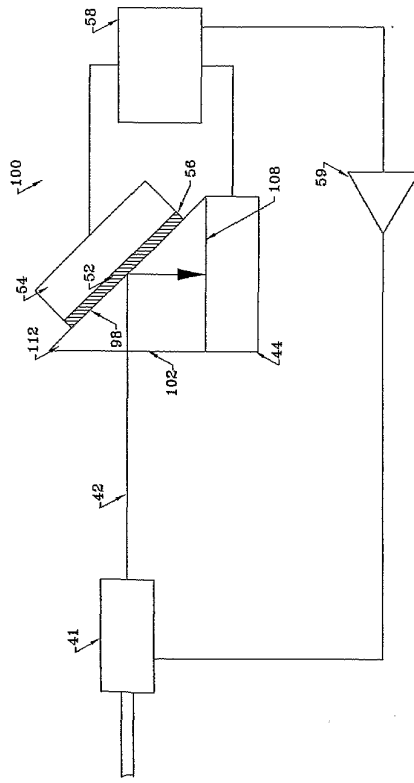


Fig. 2

WO 02/01765

PCT/US01/20224

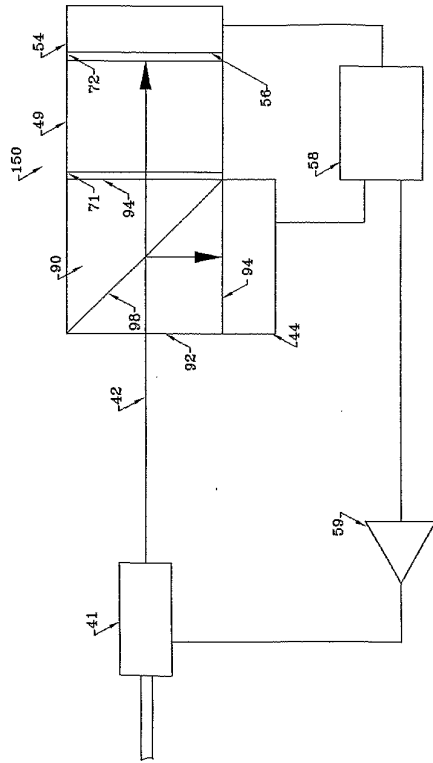


Fig. 8

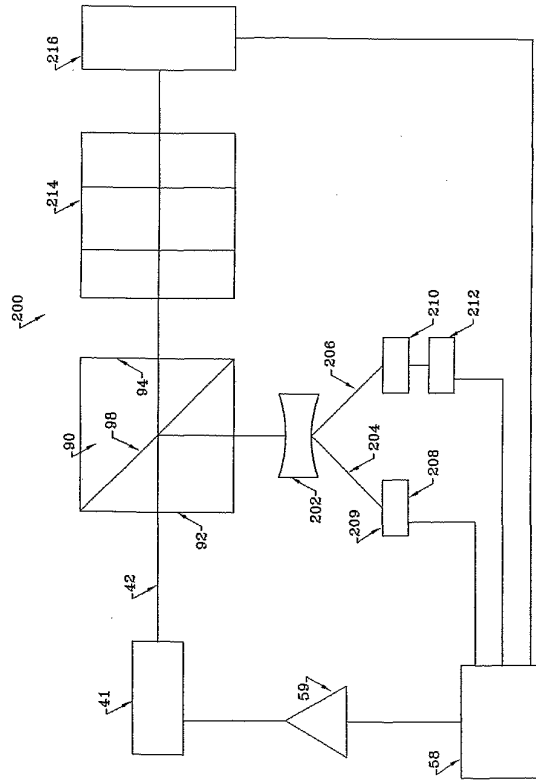


Fig. 9

WO 02/01765

PCT/US01/20224

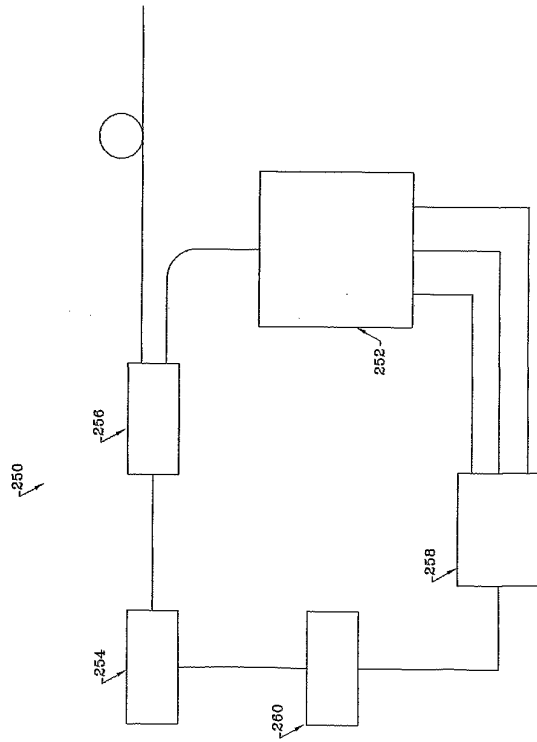


Fig. 10

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)



PCT

WO 02/01765 A3

(74) Agent: RAUSCHENBACH, Kurt; Law Office of Kurt Rauschenbach, P.O. Box 387, Bedford, MA 01730 (US).

(81) Designated States (national): CA, JP.

(84) **Designated States (regional):** European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

Published:

- *with international search report*
- *before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of receipt of amendments*

Published:

- *with international search report*
- *before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of receipt of amendments*

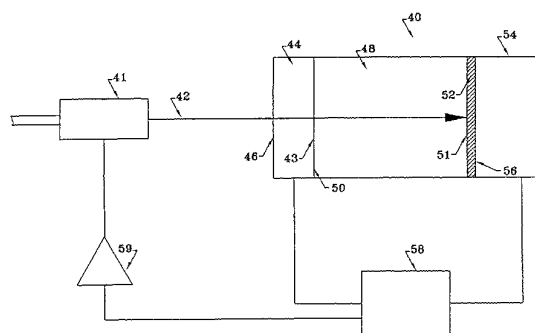
Published:

- *with international search report*
- *before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of receipt of amendments*

(88) Date of publication of the international search report:
6 June 2002

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

(54) Title: OPTICAL POWER AND WAVELENGTH MONITOR



(57) **Abstract:** An optical power and wavelength monitor of an optical beam is described. The monitor includes a first detector positioned in the path of the optical beam that generates a first electrical signal that is proportional to an optical power of the optical beam. The monitor also includes an optical filter that is positioned in the path of the optical beam. The optical filter transmits a portion of the optical beam having a wavelength within a bandwidth of the optical filter. A second detector that is positioned in the path of the optical beam generates a second electrical signal that is proportional to an optical power of the filtered optical beam. A signal processor receives the first and second electrical signals and generates a signal that is proportional to the wavelength of the optical beam.

WO 02/01765 A3

【国際公開パンフレット（コレクトバージョン）】

(L)60201490954



(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau(43) International Publication Date
3 January 2002 (03.01.2002)

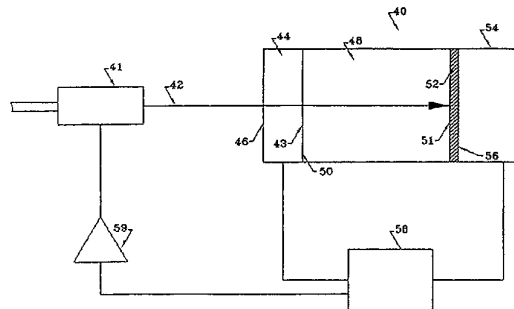
PCT

(10) International Publication Number
WO 02/01765 A3

- (51) International Patent Classification: H04B 18/08 (74) Agent: RAUSCHENBACH, Kurt; Law Office of Kurt Rauschenbach, P.O. Box 367, Bedford, MA 01730 (US).
- (21) International Application Number: PCT/US01/20224 (81) Designated States (national): CA, JP.
- (22) International Filing Date: 25 June 2001 (25.06.2001) (84) Designated States (regional): European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
- (25) Filing Language: English
- (26) Publication Language: English
- (30) Priority Data: 09/603,403 26 June 2000 (26.06.2000) US
- (71) Applicant: JDS UNIPHASE CORPORATION [US/US]; 210 Baypointe Parkway, San Jose, CA 95134 (US).
- (72) Inventor: MUNKS, Timothy; 2 Mountain Crest, North Granby, CT 06060 (US).
- Published:
— with international search report
— before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of receipt of amendments
- (88) Date of publication of the international search report: 6 June 2002

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

(54) Title: OPTICAL POWER AND WAVELENGTH MONITOR



(57) Abstract: An optical power and wavelength monitor of an optical beam is described. The monitor includes a first detector positioned in the path of the optical beam that generates a first electrical signal that is proportional to an optical power of the optical beam. The monitor also includes an optical filter that is positioned in the path of the optical beam. The optical filter transmits a portion of the optical beam having a wavelength within a bandwidth of the optical filter. A second detector that is positioned in the path of the optical beam generates a second electrical signal that is proportional to an optical power of the filtered optical beam. A signal processor receives the first and second electrical signals and generates a signal that is proportional to the wavelength of the optical beam.

WO 02/01765 A3



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No. PCT/US 01/20224
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 H04B10/08		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 H04B H01L		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 016, no. 447 (E-1266), 17 September 1992 (1992-09-17) & JP 04 157780 A (FUJITSU LTD), 29 May 1992 (1992-05-29)	1,3,4,7, 8,12,17, 19,21
Y	abstract figure 1B	2,20
X	WO 99 43060 A (UNIPHASE TELECOMMUNICATIONS PR) 26 August 1999 (1999-08-26) page 13, line 5 - line 17 page 15, line 22 page 25, line 25 - line 28 page 26, last line - page 27, line 1 page 27, line 30 - page 28, line 3 figures 15,18	1,3,4,6, 7,9-17, 19,21
-/-		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents: *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art *Z* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 27 March 2002		Date of mailing of the international search report 04/04/2002
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel: (+31-70) 340-3040, Tx: St 651 epo nl Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Cochet, B

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/US 01/20224

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5 042 042 A (HORI NOBUO ET AL) 20 August 1991 (1991-08-20) figure 1	2,20
P,X	WO 01 08277 A (CHAPMAN WILLIAM B ;NEW FOCUS INC (US); GREEN EVAN D H (US)) 1 February 2001 (2001-02-01) page 23, line 3 - line 22; figure 9	1,3-9, 16,17, 19,21,22

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family membersInternational Application No
PCT/US 01/20224

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 04157780	A	29-05-1992 JP 2914748 B2	05-07-1999
WO 9943060	A	26-08-1999 US 6134253 A US 6289028 B1 AU 2971999 A CA 2321037 A1 EP 1057230 A1 WO 9943060 A1	17-10-2000 11-09-2001 06-09-1999 26-08-1999 06-12-2000 26-08-1999
US 5042042	A	20-08-1991 JP 1251681 A	06-10-1989
WO 0108277	A	01-02-2001 AU 6502500 A WO 0108277 A1	13-02-2001 01-02-2001

フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷ F I テーマコード(参考)
H 0 4 B 10/08 H 0 4 B 9/00 K

F ターム(参考) 2G065 AA13 AB09 BA09 BB02 BB04 BB14 BB27 BB30 BC05 DA13
5F088 AA01 BB01 EA07 EA09 JA13 JA14
5K102 AA68 AD01 LA06 LA35 LA46 LA52 MH07 MH12 MH15 MH24
PB03 PB13 PC04 PC05 PC12 PH32 PH49 RB03