

(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2008-501987

(P2008-501987A)

(43) 公表日 平成20年1月24日(2008.1.24)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO2B 6/122 (2006.01)	GO2B 6/12 B	2H048
HO4J 14/00 (2006.01)	HO4B 9/00 E	2H049
HO4J 14/02 (2006.01)	HO4B 9/00 W	2H147
HO4B 10/02 (2006.01)	HO4B 9/00 G	5K102
HO4B 10/28 (2006.01)	GO2B 6/12 E	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 35 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2007-513631 (P2007-513631)
 (86) (22) 出願日 平成17年6月2日 (2005.6.2)
 (85) 翻訳文提出日 平成18年12月4日 (2006.12.4)
 (86) 国際出願番号 PCT/CA2005/000834
 (87) 国際公開番号 W02005/119954
 (87) 国際公開日 平成17年12月15日 (2005.12.15)
 (31) 優先権主張番号 60/576,594
 (32) 優先日 平成16年6月4日 (2004.6.4)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 60/576,595
 (32) 優先日 平成16年6月4日 (2004.6.4)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 60/577,604
 (32) 優先日 平成16年6月8日 (2004.6.8)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

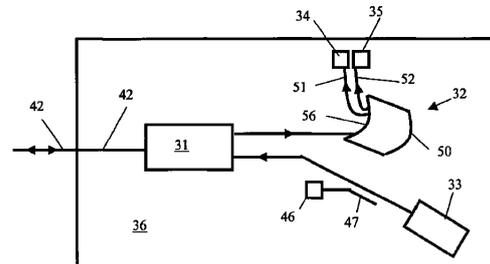
(71) 出願人 506317314
 エネブレンス インコーポレイテッド
 カナダ国 ケー2ケー 3エイチ4 オン
 タリオ州 カナタ マーチロード 400
 (74) 代理人 100090583
 弁理士 田中 清
 (74) 代理人 100098110
 弁理士 村山 みどり
 (72) 発明者 バラクリッシュナン, アショク
 カナダ国 ケー2ケー 1ダブリュ5 オ
 ンタリオ州 オタワ ティファニープレイ
 ス 67

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 2段光双方向送受信器

(57) 【要約】

本発明は双方向送受信器における使用のための2段光フィルタを含む平面光波回路に関する。第1段は特定の波長域内の光、例えば、レーザ光源からの信号チャンネルが入力/出力導波路上に送出されることを可能にする非分散性光フィルタを含む一方、他の波長域内の光、例えば、1つまたは複数の検出器チャンネルが入力/出力導波路から第2段に差し向けられる。第2段は第1段よりも高い解像度を持つ反射性回折格子を含み、第1段よりも2から5倍狭い通過帯域を提供している。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

システム導波路から第 1 および第 2 の入力チャンネルを受信するための、および、システム導波路上に出力チャンネルを送信するための 2 段光フィルタ平面光波回路デバイスであって、

出力チャンネルを送信するためのレーザ送信器と、

出力チャンネルをシステム導波路に多重化するため、および、前記出力チャンネルから前記第 1 および第 2 の入力チャンネルを分離するための第 1 の通過帯域を有する非回折フィルタと、

前記第 1 および第 2 の入力チャンネルの各々が前記第 1 の通過帯域より狭い第 2 の通過帯域を有する、前記第 1 および第 2 の入力チャンネルを多重分離するための回折格子フィルタであって、

前記第 1 および第 2 の入力チャンネルを受信するための入力ポート、

ある入射角度で前記第 1 および第 2 の入力チャンネルを受信する回折格子、および

前記回折格子フィルタから前記第 1 および第 2 の入力チャンネルをそれぞれ出力するための第 1 および第 2 の出力ポートを含む、回折格子フィルタと、

それぞれ前記第 1 および第 2 の入力チャンネルを送信するための前記第 1 および第 2 のポートにそれぞれ光学的に結合された第 1 および第 2 の出力導波路と、

前記入力チャンネルを電気信号に変換するための前記第 1 および第 2 の出力ポートにそれぞれ光学的に結合された第 1 および第 2 の光検出器と、を含むデバイス。

10

20

【請求項 2】

前記第 1 および第 2 の出力導波路は前記回折格子フィルタに平坦化されたスペクトル応答を供給するための多モード導波路である請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 3】

前記第 1 および第 2 の出力導波路は、それぞれ前記第 1 および第 2 のポートに隣接した多モード区間、および、前記回折格子フィルタに前記平坦化されたスペクトル応答を供給するための前記多モード区間からは離れた単一モード区間を含む請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 4】

前記回折格子フィルタは凹状で焦点線を規定するものであり、かつ、前記第 1 および第 2 の出力ポートおよび前記入力ポートは全て前記焦点線に沿って位置決めされている請求項 1 に記載のデバイス。

30

【請求項 5】

前記焦点線はローランド円により規定されている請求項 4 に記載のデバイス。

【請求項 6】

前記非回折性フィルタはモード干渉 (MMI) フィルタを含む請求項 1 に記載の PLC

【請求項 7】

前記非回折性フィルタは波長依存性方向性カプラを含む請求項 1 に記載の PLC。

【請求項 8】

前記非回折性フィルタは多段波長依存性方向性カプラを含む請求項 8 に記載の PLC。

40

【請求項 9】

前記非回折性フィルタは位相依存性波長スプリッタを含む請求項 1 に記載の PLC。

【請求項 10】

前記非回折性フィルタはマッハ・ツェンダー干渉計を含む請求項 9 に記載の PLC。

【請求項 11】

前記非回折性フィルタは多段位相依存性波長スプリッタを含む請求項 9 に記載の PLC

【請求項 12】

前記レーザ送信器と前記非回折性フィルタの間に配置され、前記出力チャンネルの一部

50

をタッピングするためのタップ・カプラと、

前記出力チャンネルの一部を測定し、前記出力チャンネルにおけるパワーの測定値を提供するためのモニタ光検出器と、をさらに含む請求項 1 に記載の P L C。

【請求項 1 3】

前記第 1 および第 2 の入力チャンネルは約 2 0 n m から 3 0 n m の通過帯域を有し、かつ、前記出力チャンネルは約 1 0 0 n m の通過帯域を有する請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 1 4】

前記第 1 および第 2 の入力チャンネルは前記出力チャンネル通過帯域よりも約 2 から 5 倍広い通過帯域を有する請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 1 5】

前記回折格子フィルタは、波長に従った様々な角度で前記第 1 および第 2 のチャンネルを分散するための反射性回折格子であり、前記反射性回折格子はファセット長により規定された複数の反射性壁、および、側壁長により規定された複数の側壁を有し、かつ、前記側壁長により除された前記ファセット長により規定されたアスペクト比は 3 を超える請求項 1 に記載のデバイス。

10

【請求項 1 6】

前記回折格子フィルタは、波長に従った様々な角度で前記第 1 および第 2 のチャンネルを分散するための反射性回折格子であり、前記反射性回折格子はファセット長により規定された複数の反射性壁、および、側壁長により規定された複数の側壁を有し、かつ、前記側壁長は前記第 1 および第 2 のチャンネルの平均波長以下である請求項 1 に記載のデバイス。

20

【請求項 1 7】

前記入力ポートは 3 0 度未満の回折格子入射角で前記第 1 および第 2 のチャンネルを送出する請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 1 8】

前記回折格子フィルタは、波長に従った様々な角度で前記第 1 および第 2 のチャンネルを分散するための反射性回折格子であり、前記反射性回折格子はファセット長により規定された複数の反射性壁、および、側壁長により規定された複数の側壁を有し、かつ、前記ファセット長および前記入射角は、前記格子が 7 以下の絶対値を持つ次数における回折をもたらしことを確実にするように選択される請求項 1 に記載のデバイス。

30

【請求項 1 9】

前記入力ポートは 3 0 度未満の回折格子入射角で前記第 1 および第 2 のチャンネルを送出する請求項 1 8 に記載のデバイス。

【請求項 2 0】

入力光信号を特定のチャンネル間隔における複数の出力チャンネル帯域に分離するための光チャンネル多重分離器デバイスであって、

前記入力光信号を送出するための入力ポートと、

出力角の実質的に同じ範囲にわたり各光チャンネル帯域を分散するための第 1 の次数、および、特定のチャンネル間隔に実質的に等しい第 1 の F S R を有する第 1 の光学格子と

40

、前記光チャンネル帯域の各 1 つの各波長を同じ出力角で差し向けるため、および、各光チャンネル帯域を異なった出力角で差し向けるための第 2 の次数、および、前記第 1 の反射性格子から前記光チャンネル帯域を受信するための第 2 の F S R を有する第 2 の光学格子と、

前記複数の光チャンネル帯域の個々の 1 つを出力するための複数の出力ポートと、を含むデバイス。

【請求項 2 1】

前記第 1 および第 2 の光学格子は共に反射性光学格子である請求項 2 0 に記載のデバイス。

【請求項 2 2】

50

前記第 1 および第 2 の光学格子は共に、第 1 および第 2 の焦点線を規定している光パワーを持つ凹面反射性光学格子である請求項 2 1 に記載のデバイス。

【請求項 2 3】

前記第 1 および第 2 の格子は、1 対の相互接続されたスラブ導波路の相対する側面に面対面で位置決めされている請求項 2 2 に記載のデバイス。

【請求項 2 4】

前記第 1 および第 2 の焦点線は単一の共用焦点線を形成している請求項 2 3 に記載のデバイス。

【請求項 2 5】

前記共用焦点線はローランド円である請求項 2 4 に記載のデバイス。

10

【請求項 2 6】

前記入力および出力ポートは前記共用焦点線に沿って位置している請求項 2 5 に記載のデバイス。

【請求項 2 7】

前記入力および出力ポートの各々から延長している導波路をさらに含む請求項 2 6 に記載のデバイス。

【請求項 2 8】

前記第 1 および第 2 の反射性格子および前記 1 対のスラブ導波路は平面光波回路を形成している請求項 2 7 に記載のデバイス。

【請求項 2 9】

前記第 2 の焦点線はローランド円を規定し、かつ、前記第 1 の焦点線は前記第 2 の光学格子上に中心を持つ前記第 2 の焦点線の弦を規定する請求項 2 3 に記載のデバイス。

20

【請求項 3 0】

前記第 1 の光学格子は前記入力光信号をコリメートする請求項 2 3 に記載のデバイス。

【請求項 3 1】

前記第 1 の次数は 1 0 0 0 を超え、かつ、前記第 2 の次数は 1 0 0 未満である請求項 2 0 に記載のデバイス。

【請求項 3 2】

前記第 2 の F S R は前記第 1 の F S R よりも少なくとも 1 0 倍大きい請求項 2 0 に記載のデバイス。

30

【請求項 3 3】

特定のチャンネル間隔を備えた複数の入力チャンネル帯域を単一の出力信号に結合するための光チャンネル多重化器デバイスであって、

前記複数の光チャンネル帯域の個々の 1 つを入力するための複数の入力ポートと、

異なった入力角において前記光チャンネル帯域の各々をそれらの個々の入力ポートから受信するための、および、各光チャンネル帯域を実質的に同じ範囲の出力角にわたり差し向けるための第 1 の F S R および第 1 の次数を有する第 1 の反射性格子と、

各光チャンネル帯域を前記出力信号に結合するための特定のチャンネル間隔に実質的に等しい第 2 の次数および第 2 の F S R を有する第 2 の反射性格子と、

前記出力信号を出力するための出力ポートと、を含むデバイス。

40

【請求項 3 4】

前記第 1 および第 2 の光学格子は共に、第 1 および第 2 の焦点線を規定している光パワーを持つ凹面反射性光学格子である請求項 3 3 に記載のデバイス。

【請求項 3 5】

前記第 1 および第 2 の格子は、1 対の相互接続されたスラブ導波路の相対する側面に面対面に位置決めされている請求項 3 4 に記載のデバイス。

【請求項 3 6】

前記第 1 および第 2 の焦点線は単一の共用焦点線を形成している請求項 3 5 に記載のデバイス。

【請求項 3 7】

50

前記共用焦点線はローランド円である請求項 3 6 に記載のデバイス。

【請求項 3 8】

前記第 1 の次数は 1 0 0 0 を超え、かつ、前記第 2 の次数は 1 0 0 未満である請求項 3 3 に記載のデバイス。

【請求項 3 9】

前記第 2 の F S R は前記第 1 の F S R よりも少なくとも 1 0 倍大きい請求項 3 3 に記載のデバイス。

【請求項 4 0】

複数の光チャンネルからなる入力光信号を送出するための入力ポートと、
原理回折最大値、複数のより高い次数の回折最大値、および、それらの間の複数の回折
最小値を有する回折包絡線に前記光信号を分散するための反射性導波路回折格子と、
前記光チャンネルを出力する第 1 の複数の出力ポートと、を含み、
前記入力ポートは、反射性導波路回折格子から反射された光の量を、前記入力ポートに
再進入することから制限するために、前記回折最小値の 1 つに位置決めされている平面導
波路光デバイス。

【請求項 4 1】

前記より高い次数の回折最大値の 1 つから光を出力するために、これに沿って位置決め
された第 2 の複数の出力ポートをさらに含む請求項 4 0 に記載のデバイス。

【請求項 4 2】

光チャンネルのモニタでの使用のための、前記第 2 の複数の出力ポートの少なくとも 1
つに光学的に結合された光検出器をさらに含む請求項 4 1 に記載のデバイス。

【請求項 4 3】

前記第 1 の複数の出力ポートは、前記光チャンネルを出力するために前記原理回折最大
値に沿って位置決めされている請求項 4 0 に記載のデバイス。

【請求項 4 4】

前記より高い次数の回折最大値の 1 つから光を出力するために、これに沿って位置決め
された第 2 の複数の出力ポートをさらに含む請求項 4 3 に記載のデバイス。

【請求項 4 5】

光チャンネルのモニタでの使用のための、前記第 2 の複数の出力ポートの少なくとも 1
つに光学的に結合された光検出器をさらに含む請求項 4 4 に記載のデバイス。

【請求項 4 6】

前記反射性導波路回折格子は焦点線に沿って前記光チャンネルを合焦させ、かつ、前記
入力ポートおよび前記第 1 の複数の出力ポートは前記焦点線に実質的に沿って位置決めさ
れている請求項 4 0 に記載の平面導波路光デバイス。

【請求項 4 7】

前記焦点線はローランド円により規定されている請求項 4 6 に記載の平面導波路光デバ
イス。

【請求項 4 8】

複数の光チャンネルからなる入力光信号を送出するための入力ポートと、
原理回折最大値、複数のより高い次数の回折最大値、および、それらの間の複数の回折
最小値を有する回折包絡線内に前記光信号を分散するための反射性導波路回折格子と、
前記光チャンネルを出力するための前記原理回折最大値に沿って位置決めされた第 1 の
複数の出力ポートと、を含む平面導波路光デバイス。

【請求項 4 9】

前記より高い次数の回折最大値の 1 つからの光を出力するために、その 1 つに沿って位
置決めされた第 2 の複数の出力ポートをさらに含む請求項 4 8 に記載のデバイス。

【請求項 5 0】

光チャンネルのモニタでの使用のための、前記第 2 の複数の出力ポートの少なくとも 1
つに光学的に結合された光検出器をさらに含む請求項 4 9 に記載のデバイス。

【請求項 5 1】

前記反射性導波路回折格子は焦点線に沿って前記光チャンネルを合焦させ、かつ、前記入力ポートおよび前記第1の複数の出力ポートは前記焦点線に実質的に沿って位置決めされている請求項50に記載の平面導波路光デバイス。

【請求項52】

前記焦点線はローランド円により規定されている請求項51に記載の平面導波路光デバイス。

【請求項53】

複数の光チャンネルからなる入力光信号を送出するための入力ポートと、
原理回折最大値、複数のより高い次数の回折最大値、および、それらの間の複数の回折最小値を有する回折包絡線内に前記光信号を分散するための反射性導波路回折格子と、
前記光チャンネルを出力するための第1の複数の出力ポートと、
前記より高い次数の回折最大値の1つからの光を出力するために、それに沿って位置決めされた第2の複数の出力ポートと、を含む平面導波路光デバイス。

10

【請求項54】

前記反射性導波路回折格子は焦点線に沿って前記光チャンネルを合焦させ、かつ、前記入力ポートおよび前記第1の複数の出力ポートは前記焦点線に実質的に沿って位置決めされている請求項53に記載の平面導波路光デバイス。

【請求項55】

前記焦点線はローランド円により規定されている請求項54に記載の平面導波路光デバイス。

20

【請求項56】

前記反射性導波路回折格子はファセット長により規定された複数の反射性壁、および、側壁長により規定された複数の側壁を有し、かつ、前記側壁長により除された前記ファセット長により規定されたアスペクト比は3を超える請求項40に記載のデバイス。

【請求項57】

前記反射性導波路回折格子は、ファセット長により規定された複数の反射性壁、および、側壁長により規定された複数の側壁を有し、かつ、前記側壁長は前記複数の光チャンネルの平均波長以下である請求項40に記載のデバイス。

【請求項58】

前記入力ポートは15度未満の入射角で前記反射性導波路回折格子において前記入力光信号を送出する請求項40に記載のデバイス。

30

【請求項59】

前記反射性導波路回折格子は、ファセット長により規定された複数の反射性壁、および、側壁長により規定された複数の側壁を有し、かつ、前記ファセット長および前記入射角は、前記格子が3以下の絶対値を持つ次数における回折をもたらすことを確実にするように選択される請求項40に記載のデバイス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本出願は、参照により全てが本明細書に組み込まれている2004年6月4日出願の米国特許出願第60/576594号明細書、2004年6月4日出願の同第60/576595号明細書、および、2004年6月8日出願の同第60/577604号明細書からの優先権を主張する。

40

【0002】

本発明は2段光フィルタに関し、より詳細には、ファイバ・トゥ・ザ・ホーム(FTH)光ネットワークにおける使用のための平面光波回路(PLC)光双方向送受信器に関する。

【背景技術】

【0003】

双方向送受信器、例えば、トリプレクサまたは音声データ・ビデオ(VDV)プロセッ

50

サは、F T T H光ネットワークから加入者の家庭への光ゲートウェイとして機能する。トリプレクサは、2つの高速チャンネル（例えば、電話およびインターネット用の1490 nmならびにビデオ用の1550 nm）を受信可能である一方、同時に第3のチャンネル（例えば、情報を送出するための1310 nm）で送信可能な極端にコンパクトかつ低コストのアクセス・デバイスである。全てのこれらの信号は、単純な設置設備に対して単一の光ファイバ中に多重化されている。事業用の目的に対して、ビデオ・チャンネルは2チャンネル双方向送受信器またはバイプレクサの形成を省略することができる。代わりに、追加の外出（outgoing）情報用チャンネルならびに追加の incoming データ用チャンネルを追加することができる。

【0004】

代表的なバイプレクサおよびトリプレクサの要件は、従来のP L C設計技術に対するかなりの挑戦を提示している。光学的アーキテクチャは、家庭から光信号を送信するために波長が定格で1310 nmのレーザがシングル・モードのファイバに結合されることを必要とする。その同じファイバ上の他の方向では、家庭の外からの定格1490 nmおよび1550 nmの波長の光が取り込まれ、多重分離され、かつ、光検出器に差し向けられる。それらの波長における動作上の通過帯域により困難が生じている。1310 nmチャンネルでは、レーザが根本的に非熱伝導的に動作可能な大きなマージンをもたらす50 nmから100 nmの帯域が期待されるのに対して、検出器のチャンネルに対して必要である10 nmから20 nmのみの帯域が期待されている。さらに、レーザ・ダイオードはシングル横モードで動作し、一般的な入出力ファイバはシングル・モード・ファイバである。そのため、レーザ・チャンネルが後に続く経路は、全ての地点で、シングル・モード光学系と共用できなければならない。言い換えれば、レーザ・チャンネルの経路は往復可能でなければならない。従来技術、特にP L Cにおいて単一の回折構造を使用する設計では、実質的に異なった通過帯域を有するチャンネルを使用して広い波長範囲（～1250 nmから1600 nm）にアドレスする現実的な手段はない。

【0005】

A l t h a u s に対して2002年12月10日に発行された米国特許第6493121号明細書に開示され、かつ、図1に示されているものなどの従来技術のデバイスは、コリメートされたビーム経路に沿った特定の位置に設置され、いくつかの別個に作成された薄膜フィルタ（T F F）2 a および 2 b を使用するV D V プロセッサ（トリプレクサ1）の機能を達成している。T F F 2 a および 2 b は独立したレーザ3ならびに光検出器4 a および 4 b と結合され、かつ、個別のトランジスタ形（T O）缶6に実装され、続いて、個別に1つの構成部分に組み立てられる。2つの incoming チャンネル（1490 nm および 1550 nm）を使用した incoming 信号が光ファイバ7を介してトリプレクサ1に incoming する。第1のチャンネルは第1のT F F 2 a により多重分離され、かつ、第1の光検出器4 a に差し向けられ、第2のチャンネルは第2のT F F 2 b により多重分離され、かつ、第2の光検出器4 b に差し向けられる。外出チャンネル（1310 nm）は、レーザ3において生成され、かつ、第1および第2のT F F 2 a および 2 b を介して光ファイバ7に出力される。残念ながら、そのようなデバイスの組立ては極端に労働集約的であり、要素の全てが非常に小さな許容誤差で位置合わせされることを必要としている。

【0006】

筐体構造の、および、それによる組立て工程の簡略化の試みが、A l t h a u s らに2004年5月4日に発行された米国特許第6731882号明細書およびM e l c h o i r らに2004年1月29日に発行された同第6575460号明細書に開示されている。図2に示されたさらなる進歩は、半導体のマイクロベンチ上に要素の全てを搭載することを含み、反復可能かつ精密な位置合わせを確保している。残念ながら、これらの解決策の全てはT O 缶とのT F F の位置合わせを未だに含む。T F F を使用しない従来技術の解決策の例は、B a u m a n n らに2004年2月17日に発行された米国特許第6694102号明細書に開示され、同特許は複数のマッハ・ツェンダー干渉計を利用した双方向多重化器を開示している。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 7 】

光学において、回折格子は、反射性または透過性の基板上の細かい、平行な、等しく間隔を空けられた溝（「罫線」）のアレイであり、この溝は、反射または透過された電磁エネルギーを別個の方向に集中させる回折性かつ相互に干渉性の「次数」または「スペクトル次数」と呼ばれる効果をもたらす。

【 0 0 0 8 】

溝の寸法および間隔は問題の波長のオーダーにある。光学の枠内では、回折格子の使用が最も一般的であるが、ミリ当たり何百または何千もの溝がある。

【 0 0 0 9 】

ゼロ次は直接的な透過または鏡面反射に相当する。より高い次数は、幾何（光線）光学により予測される方向からの入射ビームの逸脱をもたらす。垂直な入射角の場合、角度、幾何光学により予測された方向からの回折光の逸脱は以下の式により与えられ、ここで、 m はスペクトル次数、 λ は波長、かつ、 d は隣接する溝の対応する部分間の間隔である。

【 0 0 1 0 】

【数 1】

$$\theta = \pm \sin^{-1} \left(\frac{m\lambda}{d} \right)$$

10

20

【 0 0 1 1 】

回折ビームの逸脱の角度が波長依存であるため、回折格子は分散性である。すなわち、回折格子は、入射ビームをその構成波長成分に空間的に分離し、スペクトルを生成する。

【 0 0 1 2 】

回折格子により生成されたスペクトル次数は、入射ビームのスペクトルの内容、および、格子上の単位距離当たりの溝の数によっては重なることがある。スペクトル次数が高くなるほど、次のより低い次数への重なりが大きくなる。回折格子はモノクロメータおよび他の光学機器に頻繁に使用されている。

【 0 0 1 3 】

溝の断面形状を制御することにより、問題の次数の回折エネルギーの大半を集中させることが可能である。この技術は「ブレイジング」と呼ばれる。

30

【 0 0 1 4 】

本来、高解像度回折格子は線引きされていた。高品質罫線引き機の構築は大事業であった。後日のフォトリソグラフィ技術は、ホログラフィの干渉縞から格子が作成されることを可能にしている。ホログラフィ格子は正弦形溝を有し、そのため、さほど明るくはないが、モノクロメータには好適である。なぜなら、この格子はブレイズ格子よりもはるかに低いレベルの迷光をもたらすからである。コピー技術は、高品質のレプリカがマスター格子から作成されることを可能にし、このことが格子の費用の低減に役立っている。

【 0 0 1 5 】

平面導波路反射性回折格子は、規則的な連続体に配列されたファセットのアレイを含む。単純な回折格子の性能は図3を参照して示されている。複数の波長チャンネル λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、...を備えた光ビーム11は、格付けピッチ d および回折次数 m を持つ回折格子12に特定の入射角 θ_{in} で入射する。続いて、光ビームは、以下の回折格子の式に従って、波長および次数によって角度 θ_{out} で角度の面で分散される。

40

【 0 0 1 6 】

【数 2】

$$m\lambda = d(\sin\theta_{in} + \sin\theta_{out}) \quad (1)$$

【 0 0 1 7 】

50

回折格子の式(1)から、回折された次数の形成のための条件は入射光の波長 λ_N に依存する。スペクトルの形成を考慮すると、回折の角度 θ_{Nout} が入射波長 λ_{in} と共にどのように変化するかを知ることが必要となる。したがって、入射角 θ_{in} が固定されていることを確実にして、 θ_{Nout} に関して式(1)を微分することにより、以下の式が導出される。

【0018】

【数3】

$$\frac{\partial \theta_{Nout}}{\partial \lambda} = \frac{m}{\Lambda \cos \theta_{Nout}} \quad (2)$$

10

【0019】

量 d_{Nout} / d は、波長の小さな変化に対応した回折角 θ_{Nout} の変化であり、回折格子の角度分散として知られている。角度分散は次数 m が増加するに従い、格付けピッチ d が減少するに従い、および回折の角度 θ_{Nout} が増大するに従い増大する。回折格子の線形分散は、この項と系の有効焦点距離の積である。

【0020】

異なった波長 λ_N の光が異なった角度 θ_{Nout} で回折されるため、各次数 m はスペクトル中に引き出される。特定の回折格子により生成され得る次数の数は、格子ピッチ d により限定される。なぜなら、 θ_{Nout} が90度を越えられないからである。最高の次数は d / λ_N により与えられる。その結果、(大きな d を持つ)粗い格子は多くの次数を生成する一方、細かい格子は1つまたは2つのみを生成することがある。

20

【0021】

回折格子の自由スペクトル域(FSR)は、隣接する次数の同じ帯域幅とは重ならない特定の次数の最大帯域幅として定義されている。次数 m は、連続分散が得られる自由スペクトル域を決定する上で重要である。特定の入力/格子/出力配置構成に対して、好ましい波長 λ に対する好ましい回折次数 m における格子の動作の場合、他の波長は他の回折次数で同じ経路を辿る。次数の第1の重なりは以下の時に発生する。

【0022】

【数4】

$$m \lambda_m = (m+1) \lambda_{m+1} \quad (3)$$

30

$$\lambda_{m+1} = \frac{m \lambda_m}{(m+1)} \quad (4)$$

$$\Delta \lambda = \frac{\lambda_m}{m+1} \quad (5)$$

【0023】

ブレード格子は、図3に示すように、ブレード角 w を使用して直角三角形を形成するように回折格子の溝が制御されているものである。ブレード角 w の選択は、特に特定の波長 λ に対して、回折格子の全体的な効率の概要を最適化する機会を提供する。

40

【0024】

平面導波路回折に基づくデバイスは、高密度波長分割多重(DWDM)に対する近赤外(1550nm)領域において、優れた性能を提供する。特に、高い回折次数(40から80)、大きな入射角(約60度)、および、大きな格付けピッチで通常は動作するエシエル格子における進歩は、干渉し合う経路間の大きな位相差につながっている。格子ファセットのサイズが回折次数と共に拡大縮小することにより、回折に基づく平面導波路デバイスの高信頼性の製造に対してそのような大きな位相差が必要なものであると、長く考え

50

られてきた。そのため、現在のデバイスは、必要となる高い回折次数のために、狭い波長域にわたる動作のみに限定されている（式5参照）。

【0025】

さらに、平面導波路プラットフォーム内に組み立てられた回折格子に基づくデバイスに対して、従来技術において直面された共通の問題は、反射性ファセットFに隣接した導電性金属S（反射性コーティング）の存在により引き起こされる1つの偏光の場の排除から生じる偏光依存性損失である。

【0026】

光ファイバを介して伝播する光信号は、不確定の偏光状態を有し、多重化器（多重分離器）が偏光依存性損失を最小に抑えるように実質的に偏光に不感であることを必要とする。近リトロ条件およびブレイズされた近リトロ条件で使用されている反射格子において、両方の偏光の光は反射性ファセット（図3のF）から十分に等しく反射する。しかし、金属被覆側壁ファセットSは境界条件を導入し、表面（TM）に平行な偏光を持つ光が表面付近に存在することを防止する。さらに、1つの偏光の光は、他の偏光の光と比較して、側壁S上の金属によって優先的に吸収される。最終的に、側壁金属の存在はデバイスの性能において自身を偏光依存性損失（PDL）として出現させている。

【0027】

回折格子の偏光感度を低減するために、膨大な数の方法および装置がある。米国特許第5966483号明細書および同第6097863号明細書において、Chowdhuryは、透過性帯域内の波長の第1と第2の回折効率の間の差を低減することを選択することによる偏光感度の低減を説明している。この解決策は限定された有用性のものとなり得る。なぜなら、この解決策が、ブレイズ角およびブレイズ波長の選択に制限を必要としているからである。

【0028】

米国特許第6400509号明細書においてSappelyらは、平坦部により分離された反射性段差面および横方向立ち上がり面を含むことにより偏光感度が低減され得ることを教示している。この解決策も限定された有用性のものである。なぜなら、この解決策は、いくつかの面に反射性コーティングを必要とするが、他の面には必要とせず、反射性境界面の選択的処理を必要とする追加の製造工程につながるからである。

【0029】

格子の自由スペクトル域は格子ファセットのサイズに比例する。フォトリソグラフィによるエッチングの手段によっては低い回折次数を持つ格子が高信頼性には形成できないことは長く考えられてきた。なぜなら、低い次数は、フォトリソグラフィの解像度より小さいか、または、それに匹敵する段差をしばしば示唆するからである。フォトリソグラフィの解像度およびその後の処理工程は格子の性能を損ない、かつ、実質的に低下させる。したがって、エッチングされた格子の場は、現実的な理由のために、次数10を典型的に超える適度に大きな回折次数に自身を制限している。次数1に近い範囲の次数を持つデバイスは、実現が非現実的であると長く考えられてきた。

【0030】

トリプレクサの設計における他の重要な検討事項は、1490nmおよび1550nmチャンネルからの1310nmチャンネルの光学的分離、および、最小に維持されなければならない各チャンネルの挿入損失である。このことは1310nmのレーザ・チャンネルに対して特に真実である。なぜなら、導波路チップへのレーザ・ダイオードの結合が困難な工程であり、フィルタ損失により許容される緩められた許容誤差を必要とするからである。さらに、非常に平坦かつ幅広い通過帯域が全てのチャンネルのために必要となる。

【0031】

VDVプロセッサにおいて、1310nmのレーザ光源と1490nmおよび1550nmの受信器チャンネルとの間には、50dB付近の分離が時々必要とされる。格子に基づくデバイスにおいて、背景光の主な光源は、ファセットの外形の欠陥からの散乱から生じている。ファセット自体は、波長に固有の形で光を散乱および合焦させるための位相コ

10

20

30

40

50

ヒーレントな境界面を作るように配列されている。反射性ファセットと非反射性側壁の間の角部の丸まりも周期的となり、したがって、空間的にコヒーレントとなるが、不適切な位相では、低い強度を持つ周期的なゴースト画像につながる。ファセットの粗さは空間的にインコヒーレントとなり、ランダムな低レベルの背景光につながる。そのため、もし強力なレーザ信号が格子に入射し、かつ、受信器チャンネルもその格子から得られていれば、受信器チャンネルは、レーザの強度を下回る典型的に30 dBレベルでのレーザから寄与された強力な背景を有する。約50 dBの分離は実際的なVDVプロセッサの要件により近い。

【特許文献1】米国特許第6493121号明細書

【特許文献2】米国特許第6731882号明細書

10

【特許文献3】米国特許第6575460号明細書

【特許文献4】米国特許第6694102号明細書

【特許文献5】米国特許第5966483号明細書

【特許文献6】米国特許第6097863号明細書

【特許文献7】米国特許第6400509号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0032】

本発明の目的は、高い分離および低い挿入損失を備えた2段光フィルタ平面光波回路双方向送受信器を提供することにより、従来技術の短所を克服することである。

20

【0033】

従来の反射性格子デバイスにおいては、意図された波長の意図された位置へのスルーポットを最大化するために分光計の出力角が選択されている。意図された出力発光とほぼ同程度の強度に非常に強いことのあるリトロ放射にはほとんど配慮がなされていない。光通信の領域では、入力経路に沿って戻る光は光学系の全体的性能にとって破壊的なものとなり得る。したがって、反射性格子に基づくデバイスは通信システムに問題を持ち込む可能性がある。その結果、通信のためのほとんど全ての構成部分が最大「反射減衰」または「後方反射」に対する仕様を有しており、この仕様は反射性格子技術を使用して達成することが特に困難であったもので、入力ファイバに向けて高強度の光を直接に反射し戻すために設計により最適化された基本的レイアウトをデバイスが有するものである。

30

【0034】

さらに、もし同じ波長がいくつかの異なった角度で分光計から現れるように多数の回折次数が使用を意図されていれば、2次回折の強度は(無限小の量まで)極端に弱いことのある可能性がある。したがって、集積多重分離チャンネル・モニタなどの製品は、2次回折チャンネルにおいて貧弱かつ恐らく不十分な応答性を達成する。

【0035】

現在、光通信システムにおいて使用されている波長分離デバイスは、本来的に極端に透過性であり、例えば、構成部分から後方に直接に反射する光により引き起こされた強い干渉のないアレイになった導波路格子または薄膜フィルタを採用している。

【0036】

40

本発明の目的は、入力ポートへの後方反射を最小に抑え、かつ、様々な回折次数から集光された出力光を最大化するために、格子ファセット回折包絡線に従って最適に位置決めされた入力ポートおよび出力ポートを備えた多重化器/多重分離器を提供することにより従来技術の短所を克服することである。

【0037】

理想的には、多重化/多重分離(MUX/DEMUX)システムはレーザ波長の小さな変動にもかかわらず一貫して動作し、このことは、多重化/多重分離が周波数領域において平坦な通過帯域を備えて設計されることを必要とする。

【0038】

光通信の分野で光多重化/多重分離または光チャンネル・モニタ/性能モニタ(OCM

50

／ O P M) に対して使用されているアレイ導波路格子 (A W G) およびエシエル格子がエッチングされた導波路分光計の双方に対しては、多数の設計が存在する。従来、分光計ユニットの平坦な通過帯域性能は、通過帯域の形状を、導波路に基づくデバイスでは分光計に一般的である理想的な小幅ピーク・ガウス帯域形状から劣化させることにより、より大きな挿入損失を犠牲として達成されている。帯域の形状は、分光計ユニットの入口または出口における光学的開口を広げることにより、および／または、干渉要素に、例えば、焦点外し、コマ収差、球面収差などの収差を導入することにより劣化させられる。理想的な設計に対してさえ、鋭い帯域遮断を備えた平坦な通過帯域頂部は、分光計の透過を犠牲にして実現するのみである。さらに、通過帯域の平坦化は現在の設計では一時的な狭まりをもたらさない。

10

【 0 0 3 9 】

J i a n - J u n H e に対して 2 0 0 1 年 1 0 月 2 日に発行された米国特許第 6 2 9 8 1 8 6 号明細書および H a n に対して 2 0 0 1 年 2 月 1 3 日に発行された 6 1 8 8 8 1 8 号明細書などの格子に基づく従来のデバイスの場合、平坦な通過帯域性能は、各チャンネルのピークにおける透過を犠牲にすることのみにより達成され得る。さらに、周波数領域における通過帯域の平坦化を伴う時間領域における衝撃の短縮化がない。

【 0 0 4 0 】

したがって、本発明の目的は、系の第 1 の格子からの発光が第 2 の格子内への入射角度の周期的なオフセットを達成するように連続して使用される 1 対の格子を含む多重化 / 多重分離器を提供することにより、従来技術の短所を克服することである。

20

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 4 1 】

したがって、本発明は、システム導波路から第 1 および第 2 の入力チャンネルを受信するための、および、システム導波路上に出力チャンネルを送信するための 2 段光フィルタ平面光波回路デバイスであって、

出力チャンネルを送信するためのレーザ送信器と、

出力チャンネルをシステム導波路に多重化するため、および、出力チャンネルから第 1 および第 2 の入力チャンネルを分離するための第 1 の通過帯域を有する非回折フィルタと

、
第 1 および第 2 の入力チャンネルの各々が第 1 の通過帯域より狭い第 2 の通過帯域を有する、第 1 および第 2 の入力チャンネルを多重分離するための回折格子フィルタと、を含むデバイスに関する。

30

【 0 0 4 2 】

回折格子フィルタは、第 1 および第 2 の入力チャンネルを受信するための入力ポートと、ある入射角度で第 1 および第 2 の入力チャンネルを受信する回折格子と、回折格子フィルタから第 1 および第 2 の入力チャンネルをそれぞれ出力するための第 1 および第 2 の出力ポートを含む。

【 0 0 4 3 】

2 段光フィルタ平面光波回路デバイスは、それぞれ第 1 および第 2 の入力チャンネルを送信するための第 1 および第 2 のポートにそれぞれ光学的に結合された第 1 および第 2 の出力導波路と、

40

入力チャンネルを電気信号に変換するための第 1 および第 2 の出力ポートにそれぞれ光学的に結合された第 1 および第 2 の光検出器と、をさらに含む。

【 0 0 4 4 】

したがって、本発明は、

複数の光チャンネルからなる入力光信号を送出するための入力ポートと、

原理回折最大値 (principle diffraction maximum) 、 複数のより高い次数の回折最大値、および、それらの間の複数の回折最小値を有する回折包絡線に光信号を分散するための反射性導波路回折格子と、

前記光チャンネルを出力するための第 1 の複数の出力ポートと、を含み、

50

前記入力ポートは、反射性導波路回折格子から反射された光の量を、入力ポートに進入することから制限するために、前記回折最小値の1つに位置決めされている平面導波路光デバイスに関する。

【0045】

本発明の他の態様は、

複数の光チャンネルからなる入力光信号を送出するための入力ポートと、

原理回折最大値、複数のより高い次数の回折最大値、および、それらの間の複数の回折最小値を有する回折包絡線に光信号を分散するための反射性導波路回折格子と、

前記光チャンネルを出力するための原理回折最大値に沿って位置決めされた第1の複数の出力ポートと、を含む平面導波路光デバイスに関する。

10

【0046】

本発明の他の態様は、

複数の光チャンネルからなる入力光信号を送出するための入力ポートと、

原理回折最大値、複数のより高い次数の回折最大値、および、それらの間の複数の回折最小値を有する回折包絡線に光信号を分散するための反射性導波路回折格子と、

前記光チャンネルを出力するための第1の複数の出力ポートと、

より高い次数の回折最大値の1つからの光を出力するために、同1つに沿って位置決めされた第2の複数の出力ポートと、を含む平面導波路光デバイスに関する。

【0047】

したがって、本発明は、特定のチャンネル間隔を備えた複数の出力チャンネル帯域に入力光信号を分離するための光チャンネル多重分離器デバイスであって、

20

特定のチャンネル間隔における複数の光チャンネル帯域を含む入力光信号を送出するための入力ポートと、

出力角の実質的に同じ範囲にわたり各光チャンネル帯域を分散するための第1の次数、特定のチャンネル間隔に実質的に等しい第1のFSRを有する第1の光学格子と、

光チャンネル帯域の各1つの各波長を同じ出力角で差し向けるため、および、各光チャンネル帯域を異なった出力角で差し向けるための第2の次数、および、前記第1の反射性格子から前記光チャンネル帯域を受信するための第2のFSRを有する第2の光学格子と、

複数の光チャンネル帯域の個々の1つを出力するための複数の出力ポートと、を含むデバイスに関する。

30

【0048】

本発明の他の態様は、特定のチャンネル間隔を備えた複数の入力チャンネル帯域を単一の出力信号に結合するための光チャンネル多重化器デバイスであって、

複数の光チャンネル帯域の個々の1つを入力するための複数の入力ポートと、

異なった入力角において光チャンネル帯域の各々をそれらの個々の入力ポートから受信するための、および、各光チャンネル帯域を実質的に同じ範囲の出力角にわたり差し向けるための第1のFSRおよび第1の次数を有する第1の反射性格子と、

各光チャンネル帯域を出力信号に結合するための特定のチャンネル間隔に実質的に等しい第2の次数および第2のFSRを有する第2の反射性格子と、

40

出力信号を出力するための出力ポートと、を含むデバイスに関する。

【0049】

本発明は、その好ましい実施形態を示す添付の図面を参照してより詳細に説明される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0050】

平面光波回路(PLC)回折格子の設計の主な関心事の1つは、それぞれ反射性および側壁のファセットFおよびSの製造可能性である。さらに、これまでのファセットの製造可能性に対する主な制限はフォトリソグラフィの解像度の限界であった。典型的なフォトリソグラフィの手順は0.5から1.0 μm の範囲における解像度に限定され、そのため、格子から合理的な性能を達成するための最低要件は、反射性ファセットのサイズFがこ

50

の解像度より大きくなければならず、すなわち、サイズが 2.5 から 5 μm 以上でなければならぬことである。

【0051】

図4において、光路は、入力および出力の角度 θ_{in} および θ_{out} がそれぞれ同一であるとの仮定により簡略化されている。この仮定はファセットの幾何形状の数学的処理を簡略化するのみのためである。したがって、

【0052】

【数5】

$$F \approx \Lambda \cos \theta_{in}; \text{ and} \quad (6)$$

10

式(1)は以下に簡略化される。

【0053】

【数6】

$$m\lambda \approx 2\Lambda \sin \theta_{in} \quad (7)$$

式6および7を結合すると、以下が得られる。

【0054】

【数7】

$$F \approx \frac{m\lambda}{2 \tan \theta_{in}} \quad (8)$$

20

図1から、

【0055】

【数8】

$$\frac{S}{F} \approx \tan \theta_{in} \quad (9)$$

【0056】

歴史的には、45度から65度の入射角および出力角が使用され、約1となる F/S の格子ファセットのアスペクト比に不可避的につながる(図3および式9を参照)。1550 nmの波長において、式(6)から、反射性表面 F および非反射性表面 S の双方に対する10から17 μm のファセット・サイズが $DWDM$ の実用例に対して従来技術では容易に達成可能であることが見出される。このことは格子ファセット F を製造可能とするが、偏光依存性損失に寄与している大きな非反射性ファセット(または、側壁) S を犠牲としている。従来技術では、ファセット・サイズの変化は、回折次数 m を変化させること、すなわち、式(8)の分子を調整することによってもなされる。

30

【0057】

電気通信ネットワークは、 $DWDM$ から $CWDM$ および $FTTH$ の各ネットワークに進化してきた。後者の2つのネットワーク・アーキテクチャは、 $\sim 1250 \text{ nm}$ から $\sim 1630 \text{ nm}$ の広い波長域に広がるチャンネルを有する。これらの広い範囲は高い回折次数のデバイスによっては機能され得ず、1程度に低い次数をしばしば必要としている。従来技術の実施者は式(8)に気付いていないか、使用していなかった。低い回折次数 m および45度から65度の動作角 θ_{in} および θ_{out} において、結果として平面導波路回折格子に対して得られるファセット・サイズ F は、現実的に製造可能となるには小さすぎる。現在の平面導波路回折に基づくデバイスは AWG およびエシェル格子を含む。両者とも高い回折次数に依存し、 AWG は案内の経路決定の理由のための高い次数の動作を必要とし、エシェル技術は、より容易に製造される大きなファセット・サイズを維持するために高い次数を採用している。そのため、従来技術は、平面導波路プラットフォームにおける $CWDM$ または $FTTH$ の各ネットワーク・アーキテクチャにアドレスする上で内因性の限界を有する。

40

50

【 0 0 5 8 】

本発明は、式(8)の重要性、特に、分母の角度依存性を介して格子ファセットのアスペクト比 F/S の増大が可能であるという事実を認識している。回折角が低減されるに従い、ファセット・サイズは $\tan \theta$ と共に線形的に増大する。加えて、発明者は、ファセットのアスペクト比 F/S の増大が改善された偏光依存性損失、および、より大きな自由スペクトル域を備えたデバイスをもたらすことを認識している。

【 0 0 5 9 】

例えば、珪素酸化物/シリコン構造において、1550nmの波長における(CWDMまたはFTTHの各ネットワークに対して最小の現実的自由スペクトル域をもたらす)5以下の回折次数、および、5.0 μm を超える反射性ファセットFのサイズは、 F/S が、回折角を約25度に低減することによって達成できる3を超えるように増大することを必要とする。したがって、本発明は、少なくとも3の非反射性ファセット(または、側壁)に対する反射性ファセットの比を備えた全ての平面導波路回折格子の設計を包含する。他の平面導波路材料は、珪素酸化物、シリコン酸窒化物、シリコン窒化物、シリコン/絶縁体、または、インジウム磷化物を含む。

【 0 0 6 0 】

PDLの量はアスペクト比 F/S および非反射性ファセットSの長さに強く依存する。従来のエシユレ設計は ~ 1 のアスペクト比を有し、かつ、側壁依存性PDLを厳しく条件としている。しかし、3を超える F/S に対しては、非反射性ファセットがPDLに実質的にはより小さな寄与をしている。 F/S をさらに増大させることにより、反射光の波長以下の非反射性格子ファセットのサイズS、例えば、S=3000nm、好ましくはS=2500nm、より好ましくはS=2000nm、かつ、最終的に好ましくはS=1550nmを備えた製造可能なファセットを設計することが可能となる。このような格子に対して、金属被覆された側壁との光の相互作用の長さはデバイスのPDL自由動作が可能となるほどに小さい。

【 0 0 6 1 】

したがって、 $\tan(\theta)$ が小さい領域に入れば、すなわち、 $1/3$ 比または < 25 度を達成するためには、側壁依存性のPDLを低減することができる。

【 0 0 6 2 】

製造可能性の立場から、もし反射性ファセットFが大きければ、フォトリソグラフィの解像度の限界にもかかわらず、ファセット自体は忠実に再現される。小さな非反射性ファセットSは忠実に再現される可能性は低く、かつ、わずかに丸まってしまうが、格子の性能は影響を受けない。従来技術の実施者は、疑いなく、ピッチが式(1)に従った如くの分散を支配していることを理解している。しかし、格子のピッチを反射性ファセット(図3の側壁S)間の通常の間隔に等しくすることは非常に一般的である。この考えを以って、側壁Sへの歪みはピッチへの歪みと等しくすることができる。これは誤った概念であり、事実、ピッチは式(6)により与えられる。反直感的に、ピッチはSではなくFと共に増大する。本発明者はこの事実を認識し、かつ、ピッチに影響を与えるリスクなしに、式(9)に示されたアスペクト比を増大、すなわち、 S/F を低減できる。事実、格子の再現の忠実度は、フォトリソグラフィによってではなく、マスク自体上のフィーチャの正確さにより制限される。この制限はフォトリソグラフィの解像度より数オーダ(100倍)大きさが小さい。

【 0 0 6 3 】

式(8)と(9)を結合すると以下を見出す。

【 0 0 6 4 】

【 数 9 】

$$S \approx \frac{m\lambda}{2} \quad (10)$$

【 0 0 6 5 】

10

20

30

40

50

したがって、小さな回折次数（必要であれば、 $m = 3$ 、 2 、または、 1 ）を選択することにより、PDLをほとんど排除することができる。なぜなら、側壁のサイズ S が波長より小さくなるからである。

【0066】

図4および図5に示された好ましい実施形態において、分散性PLC光フィルタ19は凹面反射性回折格子20を含み、同格子20はチップ22に設けられたスラブ導波路21の辺縁部に形成されている。入力ポートは導波路23の端部により規定され、導波路23は入力波長分割多重(WDM)信号を送信するためにチップ22の辺縁部からスラブ導波路21に延長し、導波路21に対する複数の波長チャンネル(λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 \dots)を含む。図4を参照して上記に定められた如く、回折格子20は、5より大きなアスペクト比(F/S)および波長チャンネル(λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 \dots)の平均波長以下の側壁長 S を有する。入力導波路23は、入射角 θ_{in} が45度未満、好ましくは30度未満、かつ、より好ましくは15度未満であることを確実にするように位置決めされ、ならびに、格子ピッチ P は、格子20が5以下の次数で回折をもたらすことを確実にするように選択されている。回折格子20は入力信号を構成波長に分散し、かつ、各波長チャンネルを出力導波路25の形の独立した出力ポートに合焦させ、導波路25の両端は、チップ22の辺縁部への送信のし戻しのために、ローランド円により規定された格子20の焦点線(focal line)26に沿って配置されている。示されたデバイスはいくつかの波長チャンネルを多重化し、入力導波路23を介してチップ22の辺縁部に送信し出される単一の出力信号に導波路25を入力するためにも使用することができる。入力ポートおよび出力ポートは、光が送出され得る、または、取り込まれ得るスラブ導波路21上の位置を表すが、各ポートは他の透過デバイスと光学的に結合され得るか、または、単に遮断され得る。

【0067】

図3に示された好ましい実施形態において、凹面反射性回折格子10はチップ12に設けられたスラブ導波路11の辺縁部に形成されている。入力ポートは導波路13の端部により規定され、導波路13は入力波長分割多重(WDM)信号を送信するためにチップ12の辺縁部からスラブ導波路11に延長し、導波路11に対する複数の波長チャンネル(λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 \dots)を含む。図2を参照して上記に定められた如く、回折格子10は、5より大きなアスペクト比(F/S)および波長チャンネル(λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 \dots)の平均波長以下の側壁長 S を有する。入力導波路13は、入射角 θ_{in} が30度未満であることを確実にするように位置決めされ、かつ、格子ピッチ P は、格子10が5以下の次数で回折をもたらすことを確実にするように選択されている。回折格子10は入力信号を構成波長に分散し、かつ、各波長チャンネルを出力導波路15の形の独立した出力ポートに合焦させ、導波路15の両端は、チップ12の辺縁部への送信のし戻しのために、ローランド円により規定された格子10の焦点線16に沿って配置されている。示されたデバイスはいくつかの波長チャンネルを多重化し、入力導波路13を介してチップ12の辺縁部に送信し出される単一の出力信号に導波路15を入力するためにも使用することができる。入力ポートおよび出力ポートは、光が送出され得る、または、取り込まれ得るスラブ導波路11上の位置を表すが、各ポートは他の透過デバイスと光学的に結合され得るか、または、単に遮断され得る。

【0068】

上述の光デバイスを動作させるための特定の実施例は、以下の通りである。

【0069】

【表 1】

$\theta_{in}=5^\circ$	5°	5°	6°
$m=1$	2	3	2
$\lambda_{avg}=1550\text{nm}$	1550nm	1550nm	1550nm
$\Lambda=8892\text{nm}$	17784nm	26676nm	14828nm
$F=8858\text{nm}$	17716nm	26574nm	14747nm
$S=775\text{nm}$	1550nm	2325nm	1550nm
$F/S=11.4$	11.4	11.4	9.5

10

【0070】

バイプレクサまたはトリプレクサに対して、関連する通過帯域は、レーザに対して100nm、および、検出器チャンネルに対しては~20nmである。このようなデバイスは、単一の回折構造で実施するのは非現実的である。なぜなら、様々なチャンネルが共通の物理的分散を共有するからである。最小の合理的案内導波路幅が格子の出力において20nmの通過帯域を扱うように、分光計のスラブ領域が選択されていると仮定する。100nm通過帯域チャンネルに必要な導波路幅は、無数のモードに対応するように広がっており、もし反転可能な経路がこのチャンネルに必要な導波路幅があれば、組立て許容誤差への高感度を備えたデバイスを作り出す。

20

【0071】

図6を参照すると、本発明による2段光フィルタは、平面光波回路(PLC)チップ36内に形成された非分散性フィルタ31、分散性フィルタ32、レーザ光源33、ならびに、第1および第2の光検出器34および35を含む。検出器チャンネルの1つが省略されれば、単一の光検出器34が設けられ得る。好ましくは、非分散性フィルタ31は、レーザ・チャンネルから受信器チャンネルを分離する波長選択性方向性カップラ、すなわち、特定の幅の2つの平行した導波路、間隔、および、カップリング長である。代案として、非分散性フィルタ31は波長依存性モード干渉(MMI)フィルタまたは位相依存性波長スプリッタ、例えば、波長帯域を分割するために設計されたマッハ・ツェンダー干渉計とすることができる。単一段カップラの代わりに、多段カップラまたはMMIが使用され得、これは単一段フィルタにより一般に生成される通過帯域より平坦な通過帯域をもたらし、単一段フィルタからの通過帯域が不安定になり始めたところで、チャンネルの外辺部での挿入損失を僅かに改善する。

30

40

【0072】

レーザ光源33は、データ・チャンネルを、導波路41に沿って非分散性フィルタ31に送信し、フィルタ31はデータ・チャンネルを出力導波路42上に多重化する。システム導波路43、例えば、光フィルタはPLCチップ36の辺縁部において出力導波路43に光学的に結合されている。モニタ・フォトダイオード46はレーザ光源33の後方ファセットに近接して位置決めされ得るが、本発明の構造は、モニタ・フォトダイオード46が、レーザ光の小さな部分(2%)を分離するタップ・カップラ47を介してレーザ光源33の上流にレーザ光源33と光学的に結合されて位置決めされることを可能にする。後方ファセット・モニタはレーザにより生成された光を測定するが、導波路41に、すなわち、PLCチップ36内に実際に結合されたものは測定しない。しかし、下流のフォトダイ

50

オード 46 は導波路 41 において光が結合されたものを直接に測定することができる。

【0073】

検出器チャンネルはフィルタの双方の段、すなわち、非分散性フィルタ 31 および分散性フィルタ 32 を通過しなければならない、かつ、格子に基づく分散性フィルタ 32 により処理される。好ましくは、分散性フィルタ 32 は、図 5 を参照して開示されたように、分散性フィルタ 19 と同様であり、好ましくはローランド円により規定された焦点線 56 を備えた凹面反射性回折格子 50 を含む。上記のように、非分散性フィルタ 31 と分散性フィルタ 32 の間に延長する送出用導波路 53 は、入射角 i_n が 45 度未満、好ましくは 30 度未満、かつ、より好ましくは 15 度未満となることを確実にするように位置決めされている。さらに、回折格子 50 は、回折格子 50 が 5 以下の次数で回折をもたらすことを確実にするように選択されたピッチを有する。

10

【0074】

格子に基づく典型的な多重分離器は、双方向送受信器の実用例に必要とされるように広く平坦にすることが困難である比較的鋭い通過帯域を示す。したがって、本発明は焦点線 56 に沿った出力ポートにおいて多モード出力導波路 51 および 52 を組み込んでいる。多モード導波路 51 および 52 は無数のモードの集積に対応しており、このことは図 7 に示された如くの格子出力のスペクトル応答を平坦化するように機能する。代案として、第 1 および第 2 の出力導波路 51 および 52 は、それぞれ第 1 および第 2 のポートに隣接した多モード区間、および、回折格子フィルタ 31 に平坦化されたスペクトル応答を供給するための多モード区間からは離れた単一モード区間を含む。導波路 51 および 52 は、光

20

【0075】

本発明は、2 段フィルタを組み込むことにより検出器および信号チャンネルにための変化する通過帯域を達成し、この帯域内では、レーザ・チャンネルが検出器チャンネルから分離され、これらのチャンネルはより高い解像度の分散性要素でさらに多重分離される。したがって、レーザ・チャンネルの通過帯域はフィルタの第 1 段、例えば、波長選択性方向性カプラ 31 により決定され、一方、検出器チャンネルの通過帯域はフィルタの第 2 段、例えば、格子に基づく分散性要素 32 により決定される。方向性カプラ 31 は、図 8 に示す如くの 100 nm の通過帯域を容易に網羅するように設計され得る。検出器チャンネルは格子によるさらなる処理を受ける。

30

【0076】

図 7 および図 8 に例証されているように、狭い送信通過帯域が検出器チャンネルのために達成されるのに対して、レーザ・チャンネルは非常に広い。1490 nm および 1552 nm における検出器チャンネルはフィルタの双方の段に遭遇し、これらのチャンネルは分散性フィルタ 32 により狭い帯域に分散される。非分散性フィルタ 32 に使用されている出力導波路 51 および 52 は、通過帯域が問題の範囲全体にわたり極端に平坦かつ広いことを可能にする。1310 nm の放射は、極端に低い損失でフィルタの第 1 段のみ、例えば、波長選択性方向性カプラのみに続いて抽出される。したがって、レーザ・チャンネルに対する損失は、レーザ・チャンネルが 1 つまたはいくつかの格子に基づく要素を通過しなければならない他のトリプレクサ・フィルタに大幅に勝っている。本 2 段構成は、レーザ光源 33 から第 1 および第 2 の光検出器 34 および 35 への直接経路がなく、かつ、これら 2 つのチャンネルが常に逆伝播しており、第 1 および第 2 の光検出器 34 および 35 からのレーザ光源 33 の極端に強い分離をもたらすことを確実にする。この分離のレベルは、標準的な格子からの 30 dB の典型的なレベルから大幅に改善されており、かつ、いくつかの顧客により要求された 50 dB の仕様を超えることができる。

40

【0077】

出力角に対する光周波数を得るために式 (1) を整理すると、以下を得る。

【0078】

【数 1 0】

$$\sin \theta_{out} = \frac{mc}{fn\Lambda} - \sin \theta_{in} \quad (11)$$

【0 0 7 9】

図 9 を参照すると、出力角は光周波数に関して滑らかな単調な形で変化している。もし回折格子が鋭い画像形成のために設計され、かつ、入力および出力の開口が鋭く規定されていれば、この格子デバイスに対する光学的通過帯域の形状は狭い通過帯域形状となり、ピークにおける挿入損失が実質的にはない。従来の設計では、周波数が掃引されるに従い、出力開口にわたる応答が鈍化されるように格子を变形すること、または、光学的開口を広げることにより通過帯域が広げられる。その結果は、ピークにおける挿入損失を犠牲として、平坦かつ潜在的に鋭い側部を持つ通過帯域となり得る。

10

【0 0 8 0】

式 1 1 からは、特定の光周波数に対して、入力角を変化させることにより出力角を変化させ得ることが分かる。事実、このことは、エシェル格子に基づく標準的な光多重分離器および O C M / O P M に対する粗い / 細かい屈折率誤差補正の要素である。同様に、式 1 からは、特定（固定）の出力角に対して、光周波数（または、波長）を入力角と共に変化させ得る。

【0 0 8 1】

典型的に、I T U グリッド・チャンネルの通過帯域にわたり光周波数が変化するに従い、通常は、光の出力角が（図 9 のように）変化し、光は出力導波路を過ぎて掃引する。しかし、もし入力角が相補的な方向において変化させ得るなら、すなわち、幾分かの周波数不感性を導入するなら、出力角は本来の位置に固定されて保持され得る。多重化 / 多重分離器として有用とするために、I T U グリッド上の次の周波数が同調される時点までに、光は、新しい通過帯域にわたる周波数の変化に対して同じ強度で次の出力導波路上に画像形成しなければならない。

20

【0 0 8 2】

本発明によれば、図 9 の如くの角度依存性に対する周波数が導入されているが、制御された周期、例えば、I T U グリッド間隔の場合のように各 1 0 0 G H z で反復するパターンを伴う。このことを達成するために、図 9 の回折格子に先立って、必要な角度の変化を達成するために選択された幾何形状を備えて、必要な周期、例えば、1 0 0 G H z の自由スペクトル域（F S R）を有する第 2 の回折格子が挿入されている。

30

【0 0 8 3】

周波数に関して式（1）を整理し、かつ、同じ入力 / 出力角度の組合せに対する連続した回折次数の周波数を差し引くと、差は（光周波数に伴う屈折率変化を無視した）一定の周波数となり、この周波数が格子の F S R となる。

【0 0 8 4】

【数 1 1】

$$f = \frac{mc}{n\Lambda(\sin \theta_{in} + \sin \theta_{out})} \quad (12)$$

40

$$f_{m+1} - f_m = FSR = \frac{c}{n\Lambda(\sin \theta_{in} + \sin \theta_{out})} = \frac{f}{m} \quad (13)$$

【0 0 8 5】

したがって、特定の F S R に対する必要な回折次数は以下により与えられる。

【0 0 8 6】

【数 1 2】

$$m = \frac{f}{FSR} \quad (14)$$

【0087】

100 GHz の FSR に対して 194.0 THz の中央周波数 f に対して、必要な次数は $m = 1940$ である。導波路材料の屈折率の分散は、FSR の算出が実行された時点から周波数が実質的に離れるに従い、FSR において僅かな誤差をもたらす。このことは回折次数に対する僅かな調整により容易に補償され得る。

【0088】

同じ幾何形状に対して、格子ファセットのサイズは次数に従って拡大縮小する。これに対して、低い回折次数 (m が 20 まで) における標準的な多重分離器はサイズが $10 \mu\text{m}$ までのファセットを有し、高い次数の格子はサイズが 1mm までのファセットを有する。

【0089】

周波数不感性の設計がどのように機能するかを理解するために、ローランド円の幾何形状を持つ高次数 ($FSR = 100 \text{GHz}$) 格子分光計を考える。算出の便宜のために、高次数分光計の出力角は標準次数 (m が 20 まで) の設計に使用されている入力角と同じになるように選択されている。高次数分光計のローランド円は、この分光計の出力が標準分光計の入力に位置するように定置されている。各格子および高次数分光計への入力、高次数分光計から標準分光計への光の結合が最適となるように配列されている。入力角および出力角の選択および格子の幾何形状は算出の便宜のためのみである。

【0090】

図 10 を参照すると、複数の光チャンネル帯域からなる WDM 光信号が平面光波回路チップ 110 の辺縁部において光導波路 109 に入力され、かつ、入力ポート 112 において第 1 のスラブ導波路 111 に進入する。第 1 の凹面反射性格子 113 は比較的高い次数、例えば、1000 を超え、好ましくは 1500 を超え、かつ、さらに好ましくは 1800 を超える次数を有し、ならびに、比較的小さな FSR、例えば、出力される光チャンネル帯域のチャンネル間隔と実質的に同じ FSR を有する。FSR が小さいために、第 1 の格子 113 は各チャンネル帯域を出力角の同じ小さな範囲にわたり開口 114 を介して第 2 のスラブ導波路 116 内に分散する。第 2 の凹面反射性格子 117 は、面对面の関係で第 1 の反射性格子 113 の反対側に、第 2 のスラブ導波路 116 の一方の側に位置決めされている。第 1 および第 2 の反射性格子 113 および 117 は光パワーを有し、ローランド円 118 により規定されている同じ線に沿って光を合焦させる。第 2 の反射性格子 117 は第 1 の反射性格子 113 よりも大幅に低い次数、例えば、100 未満、好ましくは 50 未満、かつ、より好ましくは 25 未満の次数を有し、大幅に大きな FSR、例えば、第 1 の格子の FSR よりも 10 倍大きな FSR を有し、かつ、(第 1 の格子 113 からの小さな範囲の出力角に対応した) 小さな範囲の入力角を各チャンネル帯域に対する、すなわち、小さな範囲の波長に対する単一の出力角に変換するように設計され、第 2 の格子 117 の出力角は同じままとする。したがって、単一チャンネルの波長の帯域における各波長は出力導波路、例えば、出力導波路 120a に対応する出力ポート、例えば、出力ポート 119a 上の同じスポットに正確に差し向けられる。次のチャンネル帯域が第 2 の格子 117 に突き当たると、周波数は上昇するが、入力角は範囲の最低端に戻り、第 2 の格子 117 の出力角の変化をもたらす。第 2 の格子 117 からの新しい出力角は新しいチャンネル帯域の全ての波長に対して固定されたままとし、この帯域は第 2 の出力ポート、例えば、出力ポート 119b に出力される。光ファイバなどの他の導波路は光信号を送信するために平面光波回路チップ 110 の辺縁部に装着されている。

【0091】

このデバイスは、複数の入力光チャンネル帯域を単一の出力信号に多重化するために、逆行可能な形でも使用され得る。この場合、第 2 の反射性格子 117 は各チャンネル帯域を異なった入力角で受信し、この入力角は第 2 の反射性格子 117 が開口 114 を介した

10

20

30

40

50

送信のために同じ小さな範囲の出力角に変換する。続いて、第1の反射性格子113は小さな範囲の入力角を単一の出力角に変換し、それにより、全てのチャンネルを単一の出力導波路109上に結合する。

【0092】

この二重格子構成において、入力周波数が同調すると、第1の分光計の出力角は、第2の格子の所望のチャンネル間隔、すなわち、入力信号と出力信号に従った周期的なパターンで変化する。もし第1の分光計の幾何形状およびファセット間隔が適切に選択されていれば、このパターンは、第2の分光計への入力角の変化となる出力角の変化を伴って100GHz毎に（または、他の所望のチャンネル間隔で）反復する。光周波数に従った入力角の変化は、各チャンネルの波長の帯域における全ての波長に対して一定の出力角をもたらす。この出力角は、指定された出力導波路に出力画像をほぼ正確に定置することができる。式11を参照すると、入力角 θ_{in} の変化が周波数 f の変化を補償してチャンネル帯域の波長の特定の範囲にわたり一定の出力角 θ_{out} をもたらすように、第2の格子117は設計されている。次のチャンネル帯域に対して、周波数は上昇し続けるが、入力角 θ_{in} は反復範囲の低端部に復帰し、この復帰は次のチャンネルに対する新しい θ_{out} をもたらす。

10

【0093】

現実には、珪素酸化物の屈折率の分散、すなわち、光周波数と共に屈折率が変化するため、第1の分光計113からの出力は100GHzの周期では正確には周期的ではなく、周波数がITUグリッド全体にわたり同調されるに従い、出力角の段階的なドリフトをもたらす。ウォーク・オフ効果は、第2の分光計117の出力ポート119aおよび119bを固定入力開口位置に対するそれらのポートの通常的位置を基準として再位置決めすることにより、部分的に補償され得る。さらに、上記に説明されたように、第1の格子7の周期を必要な値に同調するために、この格子の回折次数に修正が行なわれ得る。

20

【0094】

図11は、周波数に対する第2の分光計117への入力角 θ_{in} 、すなわち、第1の分光計113の出力角 θ_{out} のほぼ周期的な挙動、ならびに、光周波数に対する第2の分光計117の出力角 θ_{out} の段階的挙動を示す。以下の屈折率の分散がこれらの算出のために使用され、ここで、 n はナノメータで表されている。

【0095】

【数13】

$$n = 1.452061 - 1.342485 \times 10^{-5} (\lambda - 1545)$$

30

【0096】

図11は、光周波数に応じて、第2の格子117への入力角と第2の格子117からの出力角を視覚的に関連付け、入力角の周期的性質および出力角の結果的な段階的応答を示している。

【0097】

（珪素酸化物導波路の）屈折率の僅かな波長依存性は、C帯域の広い周波数範囲にわたる第2の分光計117への入力角中央値の僅かに感受可能なシフトにつながるが、一般に、第2の分光計117の出力角は、予想された段階的性能を確かに示している。すなわち、各ITUグリッドの大きな部分にわたって、段階はほとんど傾斜を示していない。珪素酸化物/シリコンの設計における典型的な導波路のモードの角度成分は、数度のオーダの大きさを有する。もしこれらの出力導波路への結合の角度がこのモードの角度成分の小さな部分に固定され、保持され得るなら、この結合は不変のままとされるべきである。

40

【0098】

図12のグラフは、グリッドをまたぐ出力角の中央位置からの出力角の逸脱を示している。同図から分かるように、出力角は、出力角の必要な中央位置に、2ミリ度以内に確かに固定されている。出力導波路間の物理的間隔は約15 μ mであり、そのため、第2の格

50

子からの出力位置の物理的誤差は $0.3 \mu\text{m}$ までに相当する。

【0099】

本発明による二重格子の減法分散設計は時間領域ならびに周波数領域において便益を有する。しかし、十分に最適化された鋭い（ガウス）通過帯域を備えた標準的な単一格子の設計において、改善された性能は、時間と周波数の領域間で変換されると制限を受ける。時間衝撃波の広がりが発生する。なぜなら、入力から格子の遠い辺縁部を介したいずれかの出力への光路に対する近い辺縁部を介した光路が、衝撃波の広がりを示すゼロではない長さだけ異なっているからである。上述のように、頂部が平坦な通過帯域は、格子に収差を導入することにより、または、入力もしくは出力の開口を増大させることにより、通常は得られているが、これらの解決策のいずれも格子にわたる異なった経路に対して時間の広がり

を低減しない。すなわち、標準的な頂部が平坦な設計は、時間応答を狭めない。本発明による二重格子減法分散構成において、第1の格子113を通過しない第2の格子117の入力への短縮経路を辿る光線は、第2の格子117を通過しない第2の格子の出力ポート119aへの長い経路を辿る。第1の格子113からの長い経路を最初に取り光線に対しては、この逆が成り立つ。その結果、周波数領域の広がりと同時に時間圧縮が達成される。したがって、減法分散二重格子デバイスは、標準的な設計の平坦通過帯域デバイスよりも大幅に高いデータ・ビット・レートで利用され得る。

10

【0100】

各々がローランド円の幾何形状で動作する2つの格子を備えた図10に示されたデバイスは、計算の簡略さのための実施例として提供された第1の実施形態であった。しかし、より好ましい可能性のあるいくつかの他の選択肢がある。1つの選択肢は、第2の格子への入力のために中心を合わせられた第2の格子のローランド円における弦に沿って画像形成するためにより適切となる形状で、第1の格子を設計することである。第2の選択肢は、第1の格子の回折光をコリメートするように第1の格子を作成すること、すなわち、無限遠に画像形成することであり、第2の格子は自身の回折光を再合焦させるために、同じ方法で整形される。

20

【0101】

第1の格子の出力は第2の格子により効率的に回収される必要がある。同時に、何らかの形態の開口が、第1と第2の格子の間に必要となる。なぜなら、第2の格子への意図された入力に近い第1の格子から発する多数の次数からの光があるからである。開口の多くは、大きな次数の格子ファセットが物理的に非常に大きく、第1の格子からの回折包絡線の狭まりにつながるという事実により達成される。もし適切にブレイズされていれば、意図された回折次数のみが何らかの合理的な強度を備えて第2の格子に到達する。次数の重なりが第2の格子のスペクトルを混乱させることを防止するために、開口は、第1の格子から第2の格子に進入する角度の範囲を制限する必要もある。

30

【0102】

減法分散分光計の対はAWGを使用して設計することもできるが、この場合、高FSRの第1の分光計は位相制御に関する多くの短所を有する。エッチングによる格子に基づくデバイスに対して、ファセットの形状はAWGに対する直接的な類似点を持たないパラメータである。すなわち、高FSRの第1の格子から放射が出現する際に放射の位相を制御するために、一直線、円形、放物線形、楕円形、または、他の形状を実現することができる。

40

【0103】

二重格子デバイスの全体的な透過率、すなわち、いずれの通過帯域の高さも、非常に高くし得る。限られた角度領域にわたり非点収差のあるように、かつ、その領域に対してブレイズされるように設計された回折格子は、 0.5 dB までの超過損失と同程度に効率的とし得る。 1 dB までの理論的挿入損失は格子対デバイスに対して予期されないものではない。従来チャンネル平坦化技術はこの損失の2倍以上をしばしば必要とし、はるかに適さない性能を達成している。通過帯域の鋭さ、すなわち、帯域壁の険しさは、特定の光導波路モード幅により網羅される周波数範囲を狭めることにより増大させることができる

50

。これを行なうための1つの単純な手段は、第2の格子系のローランド円の直径を増大させること、または、より一般的に、第2の格子系の物理的分散を増大させることである。第1の格子系も同様に適切に変更されなければならない。通過帯域の幅は、直前で述べた開口によってのみ制限される。40チャンネル、100GHzの設計に対して、~40から50GHzまでの幅は達成可能である。壁の険しさによっては、これらの数字は全てが互いの数GHz内にある-0.5dB、1dB、および、-3dBの幅を表している。

【0104】

二重格子構成の性能はほぼ変換により制限されることが予想され、これにより、標準的な平坦な頂部の設計が許容するよりも高いビット・レートで良好な光学的性能を提供する。

10

【0105】

本発明は高透過率、極く平坦かつ極く鋭い通過帯域、高ビット・レートの互換性多重化/多重分離器を作成するために使用できる。本発明は、全てが第1および第2の格子に対する回折次数の適切な選択により、DWDM, CWDM, 1310/1550nmスプリッタ、楕形フィルタ、または、光チャンネル・モニタに適用できる。

【0106】

格子からの回折の効率は、個々のファセットからの回折包絡線のコヒーレントな重ね合わせである。ファセットの多くの位置決めは固有の波長における格子からの発光のモード形状を支配する一方、個々のファセットのサイズは異なった角度/波長での異なったモードの相対強度を支配する。この回折包絡線は基本的に $(\sin(x)/x)^2$ の強度分布である。回折包絡線の最小値において分光計への入力的位置、および、分布の最大値付近を中心とした必要な出力を注意深く選択することにより、分光計の入力に向かう光の反射が最小となった分光計の出力への最適な透過率を有することが可能となる。

20

【0107】

もし2次回折次数が1次次数と同様に採用されれば、回折包絡線の他の最大値に2次出力を置くことが望ましく、このことは2次出力において取り込まれた信号を改善する一方、同時に、格子ファセットの向きの僅かな変化に対する2次信号の感度の強さを低減する。

【0108】

格子ファセット回折包絡線の最小値および2次(または、より高次の)最大値の意図的な利用は新しい。これらの最小値または最大値を使用する設計は、全体として格子の性能の原因となることにより格子分光計の入力および出力をはっきりと位置決めする。

30

【0109】

図13を参照すると、単純な光多重分離器は、低密度波長分割多重(CWDM)のための1つの入力チャンネル221および4つの出力チャンネル222aから222dを備えて設計されている。中央波長 λ_1 から λ_4 により定義された複数の光チャンネルを備えた光信号は、入力チャンネル221を介してスラブ導波路領域223に送出され、格子224に入射する。格子224は光チャンネルを波長に従って分散し、これにより、各光チャンネル λ_1 から λ_4 は出力チャンネル222aから222dの1つにより取り込まれる。

【0110】

図13のデバイスに対する中央ファセットからの回折包絡線は図14に示されている。高い主最大値231、および、間に最小値233を持つ多数のより高い次数の最大値232に注目されたい。入力導波路221を回折包絡線の最小値233に移動することにより、戻り光の強度は大きく低減される。さらに、出力チャンネル222aから222dを主最大値231、または、少なくともより高い次数の最大値232に移動することにより、透過光は最大化される。明らかに、入力導波路221および出力導波路222aから222dを最小値233および最大値231に位置決めすることは好ましい。

40

【0111】

図15を参照すると、回折包絡線の位置、格子241の設計、および、入力ポート242の位置が全て相互関連しているため、多重分離器デバイス240の設計は、回折包絡線

50

に十分な量のより高い次数の最小値および最大値を全般にもたすための格子 2 4 1 の設計で開始する反復性の工程である。好ましくは、格子 2 4 1 は、ローランド円 2 4 3 に沿った焦点線を備えた図 4 および 5 を参照して上記に開示された如くの凹面反射性格子である。次に、入力ポート 2 4 2 に対する初期試験的位置が選択され、かつ、結果として得られた回折包絡線が検査される。入力ポート 2 4 2 がより高い次数の所望の最小値に正確に位置決めされなかったと仮定すると、第 2 の試験的位置が選択される。工程は、入力ポート 2 4 2 がより高い次数の所望の最小値と一致するまで継続する。今、1 次出力ポート 2 4 4、例えば、次数 n が 1 次最大値に基づき選択され得て、かつ、光検出器からなる光チャンネル・モニタ用検出器アレイ 2 4 8 に例えば対する出力導波路 2 4 7 に光学的に結合されている 2 次出力ポート 2 4 6 は、より高い次数の最大値、例えば、次数 $n - 1$ の位置に基づき選択される。理想的には、出力ポート 2 4 4 および 2 4 6 の全てはローランド円により規定された格子 2 4 1 の焦点線 2 4 3 に沿って位置決めされる。

10

【0 1 1 2】

図 1 6 は、入力ポート 2 4 2 が原理回折最大値内のどこかに該当するように、入力ポート 2 4 2 が出力ポート 2 4 4 の物理的に近くに所在する状況に対するスペクトルを示し、このスペクトルはエシェル格子に基づく多重分離器には非常に典型的なものである。戻り光信号の強度 2 5 1 は主出力信号の強度 2 5 2 に匹敵し、かつ、電気通信等級の光学的構成部分にとっては許容不可能な非常に大きな反射減衰をもたらし得る。同様のスペクトルが算出され、図 1 7 に示されており、同図において、入力ポート 2 4 2 は第 3 の回折包絡線最小値に所在していた。入力チャンネルに沿って戻る光の強度 2 5 3 のほぼ 2 4 0 d B の低減に注目されたい。

20

【0 1 1 3】

入力チャンネルの中央の鋭い落ち込みは入力ポート 2 4 2 自体の広がり内で劇的に最小化した回折包絡線の結果である。

【0 1 1 4】

出力ポート 2 4 6 の 2 次的な組は、中でも集積多重分離器 / 光チャンネル・モニタとして有用である主出力ポート 2 4 4 を介して主出力導波路 2 4 4 a 内への光の取り込みと平行して複製信号を取り込むために、より高い次数の回折包絡線最大値 2 3 2 に所在している (図 1 4 を参照)。この場合、主多重分離器出力ポート 2 4 4 は主回折包絡最大値 2 3 1 の領域に適合する一方、同じ波長に対するが、格子 2 4 1 から離れた異なる回折次数における 2 次出力ポート 2 4 6、例えば、チャンネル・モニタ導波路は、2 次またはより高い回折包絡最大値 2 3 2 の領域に適合する。したがって、多重分離器の各チャンネル 1 から 4 における光パワーのモニタは、タップ・カプラの挿入、および、それに続く、その光信号の多重分離 / モニタを介したものに代わり、異なった次数に結合された光の測定により行なわれ得る。

30

【図面の簡単な説明】

【0 1 1 5】

【図 1】従来の薄膜フィルタに基づくトリプレクサを示す図である。

【図 2】半導体基板を利用した従来の薄膜フィルタに基づくトリプレクサを示す図である。

40

【図 3】従来の反射性回折格子を示す図である。

【図 4】本発明による回折格子を示す図である。

【図 5】本発明による反射性凹面回折格子 P L C フィルタを示す図である。

【図 6】本発明による 2 段光フィルタを示す図である。

【図 7】図 6 の光フィルタの第 2 段からの出力スペクトルを示す図である。

【図 8】図 6 の光フィルタの第 1 段からの出力スペクトルを示す図である。

【図 9】反射性回折格子に対する出力角と周波数のグラフである。

【図 1 0】本発明による二重格子減法分散多重化 / 多重分離器の上面図である。

【図 1 1】図 1 0 のデバイスの第 2 の回折格子に対する入力角と周波数のグラフおよび出力角と周波数のグラフである。

50

【図12】図10のデバイスの第2の回折格子に対する角度誤差と周波数のグラフである。

【図13】入力導波路が回折包絡線の最小値に位置決めされた本発明による平面導波路反射性回折格子を組み込んだ光デバイスの代案実施形態を示す図である。

【図14】図13のデバイスに対する中央ファセットからの回折包絡線を示す図である。

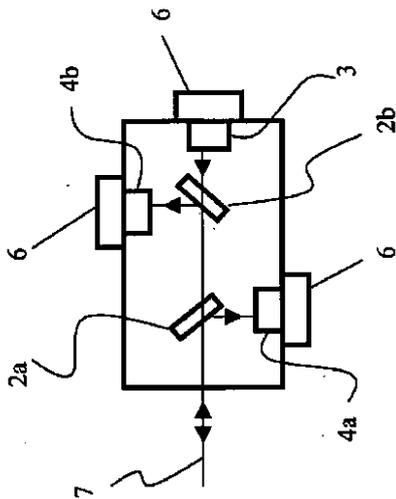
【図15】入力導波路が回折包絡線の最小値に位置決めされ、かつ、第1および第2の組の出力導波路が回折包絡線の最大値に位置決めされた本発明による平面導波路反射性回折格子を組み込んだ光デバイスの代案実施形態を示す図である。

【図16】入力導波路が物理的に出力導波路の近くに所在する状況に対するスペクトルを示す図である。

【図17】入力導波路が第3の回折包絡最小値に所在していた状況に対するスペクトルを示す図である。

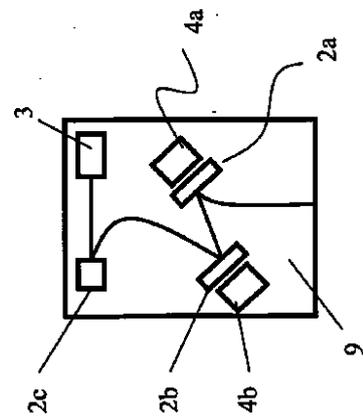
【図1】

Figure 1
Prior Art



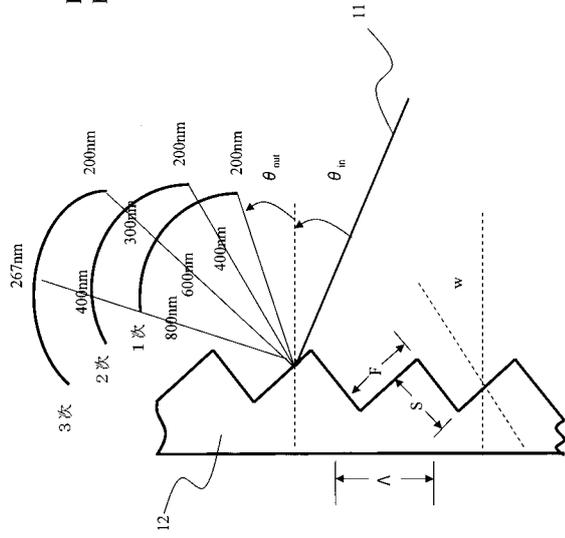
【図2】

Figure 2
Prior Art



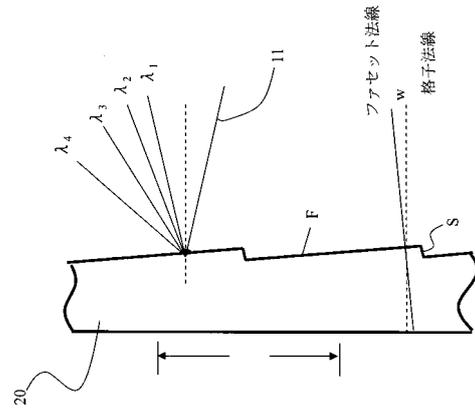
【 図 3 】

Figure 3
Prior Art



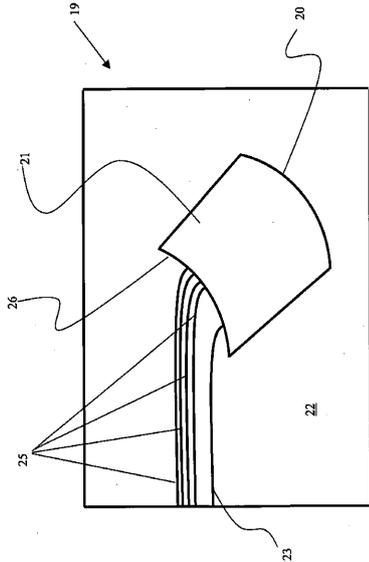
【 図 4 】

Figure 4



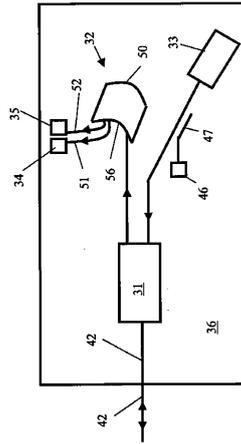
【 図 5 】

Figure 5



【 図 6 】

Figure 6



【 図 7 】

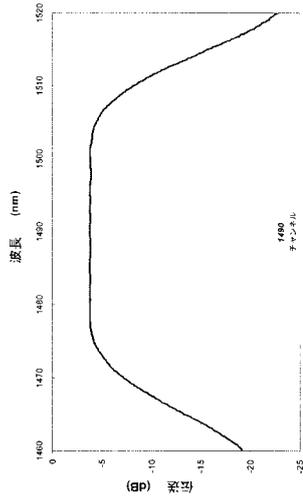


Figure 7

【 図 8 】

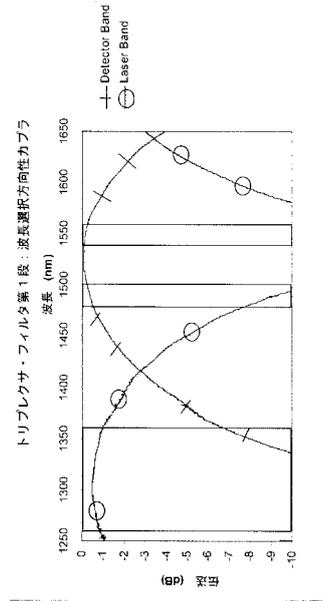


Figure 8

【 図 9 】

次数20格子、12.2 μmピッチ、62度入射角についての出力対周波数

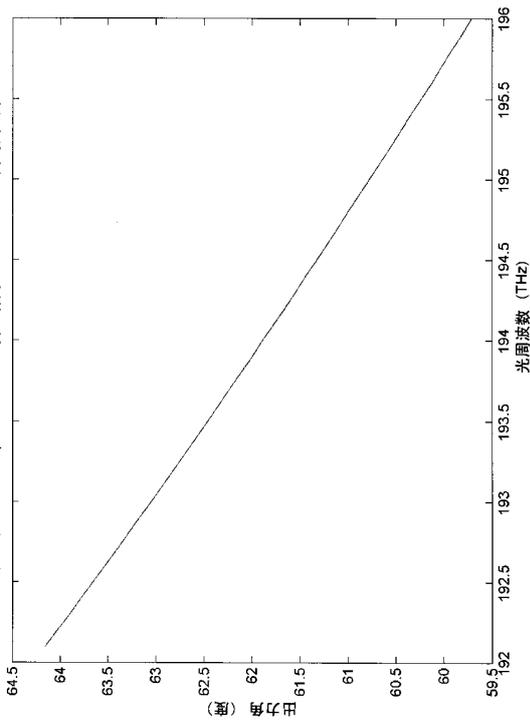


Figure 9

【 図 10 】

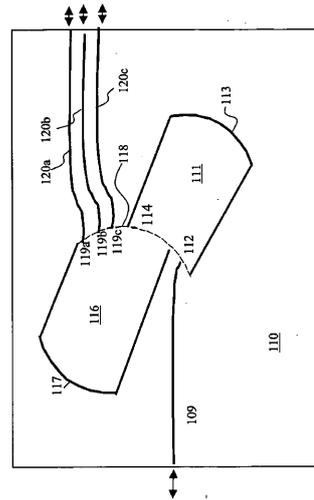


Figure 10

【 図 1 1 】

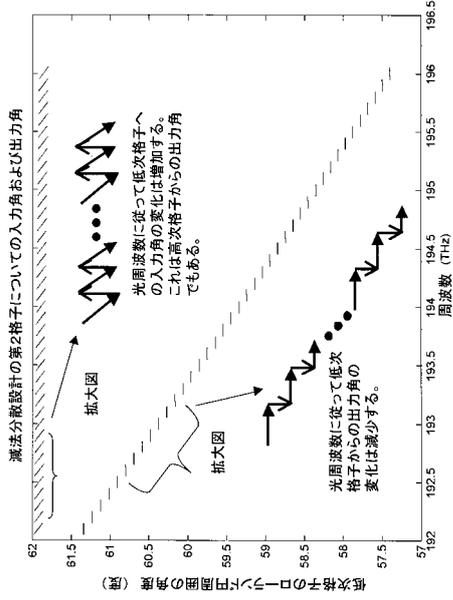


Figure 11

【 図 1 2 】

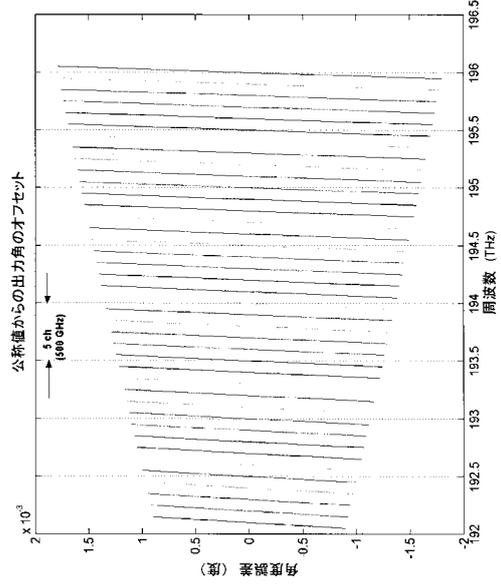


Figure 12

【 図 1 3 】

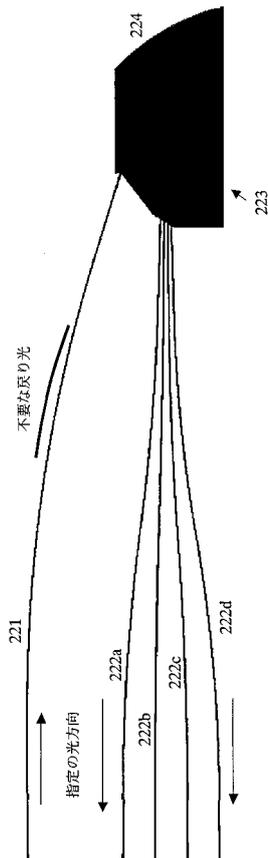


Figure 13

【 図 1 4 】

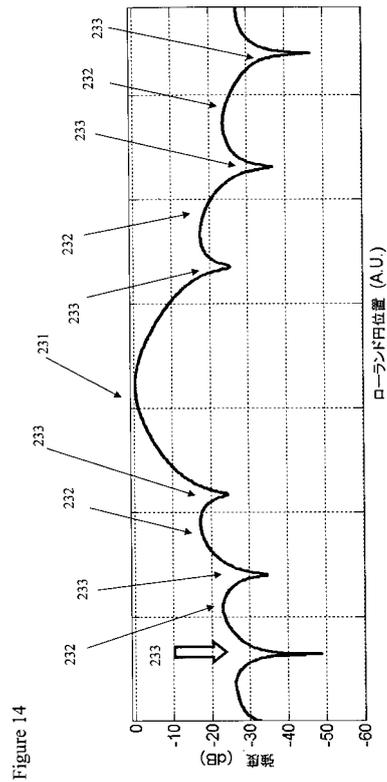


Figure 14

【 図 15 】

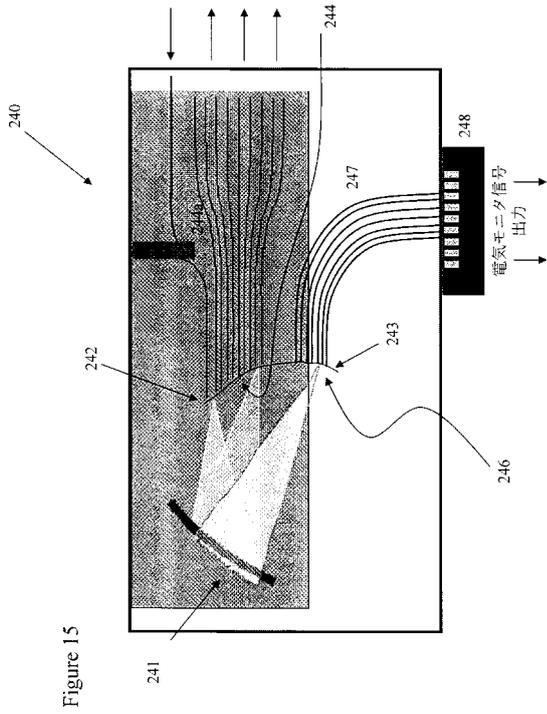


Figure 15

【 図 16 】

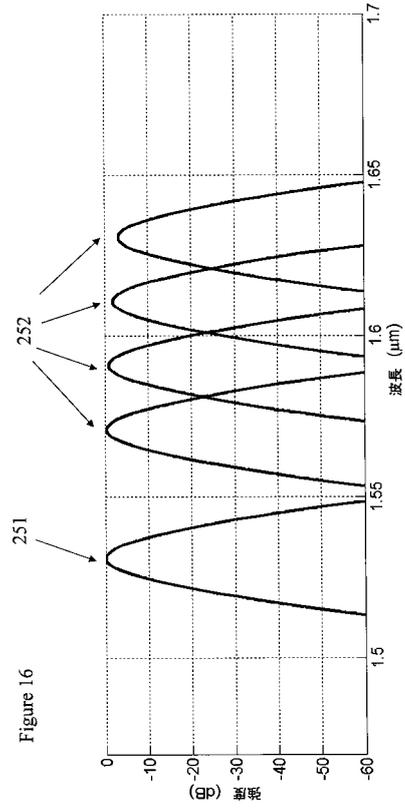


Figure 16

【 図 17 】

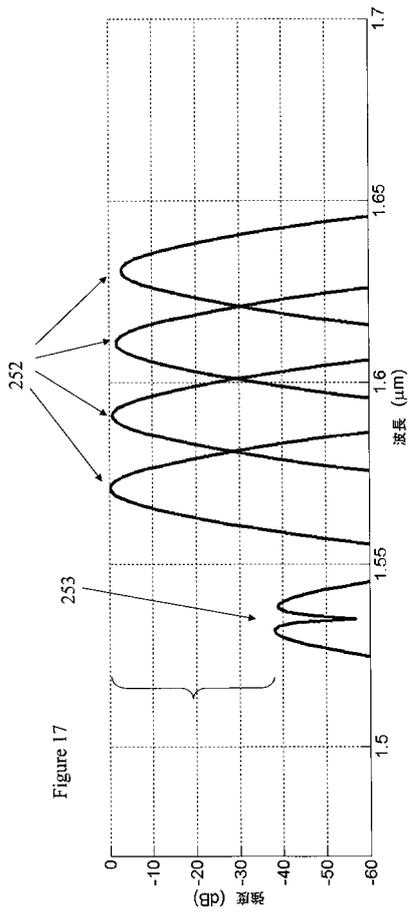


Figure 17

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CA2005/000834

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(7): H04J 14/02, H04B 10/13, G02B 6/293, G02B 5/18 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): H04J 14/02, H04B 10/13, G02B 6/293, G02B 5/18 in combination with keywords Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic database(s) consulted during the international search (name of database(s) and, where practicable, search terms used) Canadian Patent Database, USPTO, Questel-Orbit QPAT, Delphion, IEEE-online, Google Keywords: diffraction grating, coupler, passband, bidirectional		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A, P	US 20040240063 A1 (DELAGÉ et al.) 2 December, 2004 (2004-12-02) paragraphs [0007], [0011], [0020], [0021] figures 1, 2	1, 2, 4, 5
A	ZHIMIN et al.: "A three-focal-point method for the optimal design of a flat-top planar waveguide demultiplexer" Selected Topics in Quantum Electronics, IEEE Journal of Volume 8, Issue 6, Nov.-Dec. 2002, page(s):1179 - 1185 abstract, figures 1, 2	1, 4, 5, 6
A	US 20030091282 A1 (PACKIRISAMY et al.) 15 May, 2003 (2003-05-15) abstract, paragraphs [0004], [0005], [0008], [0009], [0011] figures 1, 2	1, 4, 5
A	US 20030048498 A1 (PEARSON et al.) 13 March, 2003 (2003-03-13) abstract, paragraphs [0006] to [0008], [0011], [0014] figures 2, 3A	1, 4, 5
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family 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 application or patent 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 "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 31 August 2005 (31-08-2005)		Date of mailing of the international search report 14 September 2005 (14-09-2005)
Name and mailing address of the ISA/CA Canadian Intellectual Property Office Place du Portage I, C114 - 1st Floor, Box PCT 50 Victoria Street Gatineau, Quebec K1A 0C9 Facsimile No.: 001(819)953-2476		Authorized officer Corneliu Remes (819) 934-2675

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CA2005/000834

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 20040008987 A1 (PEARSON et al.) 15 January, 2004 (2004-01-04) abstract, paragraphs [0006] [0009], [0011], [0013], [0021], [0022] figure 2	1, 4
A	US 20030128916 A1 (SASAKI) 10 July, 2003 (2003-07-10) abstract, paragraphs [0053], [0087] to [0089], [0092] to [0095] figures 10, 18	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CA2005/000834

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of the first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons :

1. Claim Nos. :
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely :

2. Claim Nos. :
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically :

3. Claim Nos. :
because they are dependant claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows :

Group A of claims 1 - 19 refers to a two-stage optical filter planar lightwave circuit (PLC) device for receiving first and second input channels and transmitting an output channel, the PLC device comprising:

- a) a laser transmitter for transmitting the output channel;
- b) a non-diffractive filter, for multiplexing the output channel and for separating the first and second input channels from the output channel;

(Continued on extra sheet)

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.

3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claim Nos. :

4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claim Nos. : 1 - 19

- Remark on Protest** The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CA2005/000834

Patent Document Cited in Search Report	Publication Date	Patent Family Member(s)	Publication Date
US2004240063	02-12-2004	CA2349034 A1 US2004240063 A1 WOO2097484 A1	28-11-2002 02-12-2004 05-12-2002
US2003091282	15-05-2003	US6766077 B2 WOO3042736 A2	20-07-2004 22-05-2003
US2003048498	13-03-2003	CA2357226 A1 US2003048498 A1 WOO3024011 A2	12-03-2003 13-03-2003 20-03-2003
US2004008987	15-01-2004	AU2003240325 A1 US2004008987 A1 WOO3104867 A1	22-12-2003 15-01-2004 18-12-2003
US2003128916	10-07-2003	JP2003202463 A US6792181 B2	18-07-2003 14-09-2004

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CA2005/000834Continuation of: **Box No. III**

- c) a diffraction grating filter for demultiplexing the first and second input channels;
- d) an input port for receiving the first and second input channels;
- e) a diffraction grating receiving the first and second input channels;
- f) first and second output ports for outputting the first and second input channels;
- g) first and second output waveguides coupled to the first and second output ports; and
- h) first and second photo-detectors coupled to the first and second output ports.

Group B of claims 20 - 39 refers to an optical channel demultiplexer for separating an input optical signal into a plurality of output channel bands, and to a corresponding optical multiplexer, the demultiplexer comprising:

- a) an input port;
- b) a first optical grating having a first order and a first FSR equal to the given channel spacing, for dispersing the channel bands;
- c) a second optical grating having a second order and a second FSR for receiving the channel bands from the first grating; and
- d) a plurality of output ports for outputting one of the plurality of output channel bands.

Group C of claims 40 - 59 refers to a planar waveguide optical device, comprising:

- a) an input port for launching an input optical signal;
- b) a reflective waveguide diffraction grating for dispersing the optical signal into a diffraction envelope; and
- c) a first plurality of output ports.

While group A of claims is characterized by a non-diffractive filter, a diffraction grating filter and a diffraction grating, group B includes two gratings and group C one grating only. Input and output ports are present in all groups, but they are part of any processing device. The features characterizing the three groups of claims are different and do not establish a common inventive link. As such, the claims on file do not comply with Rule 13.1 PCT, which requires that the international application relate to one invention only or to a group of inventions so linked as to form a single general inventive concept.

フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I		テーマコード(参考)
H 0 4 B 10/24 (2006.01)	G 0 2 B	6/12	F
G 0 2 B 6/126 (2006.01)	G 0 2 B	5/28	
G 0 2 B 6/12 (2006.01)	G 0 2 B	5/18	
G 0 2 B 5/28 (2006.01)			
G 0 2 B 5/18 (2006.01)			

(81) 指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(72) 発明者 ビッドニク, サージ
 カナダ国 ケー1ジー 5エックス7 オンタリオ州 オタワ セントローランブールヴァード
 1769 スイート313

(72) 発明者 ピアソン, マット
 カナダ国 ケー0エイ 1ピー0 オンタリオ州 アシュトン カーライルサークル 25 アー
 ル. アール. #4

Fターム(参考) 2H048 GA12 GA62
 2H049 AA07 AA18 AA51 AA59 AA62
 2H147 AA01 AB04 AB05 AB17 BA01 BC08 BE01 BE15 BE22 CB03
 EA12A EA12B EA12C EA13C EA14A EA14B FB04 FC01 GA19 GA25
 5K102 AD01 AL12 PC02