

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-258492

(P2004-258492A)

(43) 公開日 平成16年9月16日(2004.9.16)

(51) Int.Cl.⁷

G02B 6/293

F I

G02B 6/28

D

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2003-51165 (P2003-51165)

(22) 出願日 平成15年2月27日 (2003.2.27)

(特許庁注：以下のものは登録商標)
イーサネット

(71) 出願人 000005120
日立電線株式会社
東京都千代田区大手町一丁目6番1号

(74) 代理人 100068021
弁理士 絹谷 信雄

(72) 発明者 牛渡 剛真
東京都千代田区大手町一丁目6番1号 日立電線株式会社内

(72) 発明者 平野 光樹
東京都千代田区大手町一丁目6番1号 日立電線株式会社内

(72) 発明者 安田 裕紀
東京都千代田区大手町一丁目6番1号 日立電線株式会社内

最終頁に続く

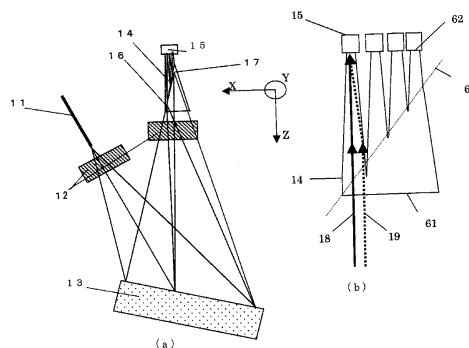
(54) 【発明の名称】 波長多重分波器

(57) 【要約】

【課題】単純な構成を持ち安価で、組み立ての際に高精度な調心が不要でトレランスが大きく、信号光の波長が変化した場合でも、正確に信号光を分波することが可能な波長多重分波器を提供する。

【解決手段】光入射部11と、前記光入射部11に入射された波長多重信号光を回折させ、波長ごとに前記波長多重信号光を分波させる回折格子13と、前記回折格子13により分波された信号光を導波させる導波路14とを有する波長多重分波器において、前記回折格子13は、この分波される信号光の広がり角を刻線65方向と直交する方向について低減させる広がり角低減手段を更に備え、前記回折格子13と前記光入射部11との間及び前記回折格子13と前記導波路14との間にシリンダリカルレンズ12を配置したものである。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光入射部と、前記光入射部に入射された波長多重信号光を回折させ、波長ごとに前記波長多重信号光を分波させる回折格子と、前記回折格子により分波された信号光を導波させる導波路とを有する波長多重分波器において、前記回折格子は、分波される信号光の広がり角を刻線方向と直交する方向について低減させる広がり角低減手段を更に備え、前記回折格子と前記光入射部との間及び前記回折格子と前記導波路との間にシリンドリカルレンズが配置されたことを特徴とする波長多重分波器。

【請求項 2】

前記導波路は、前記回折格子により分波された信号光の伝播方向に向かって断面積が減少するテーパ型導波路である請求項 1 記載の波長多重分波器。 10

【請求項 3】

前記広がり角低減手段は、前記回折格子の格子ピッチを連続的に変化させたチャープ状とした構成である請求項 1 又は 2 に記載の波長多重分波器。

【請求項 4】

前記広がり角低減手段は、前記回折格子の形状を円弧状とした構成である請求項 1 又は 2 に記載の波長多重分波器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

20

本発明は、低密度波長多重光伝送用分波器（C W D M）に係り、特に回折格子を用いた波長多重分波器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年の情報化社会の発展に伴い、大容量の通信が進み、伝送媒体も電気信号から光信号へと移り、さらに光の波長多重技術を使った通信方式が使われ始めている。特に、幹線系では高密度波長多重方式（D W D M、D e n s e W a v e D i v i s i o n M u l t i p l e x i n g）で、テラビット級の高速ネットワークが実用化されつつある。この通信システムは、温度制御された波長可変レーザを光源とし、複数の波長を束ねるための光合波器によって 1 本ケーブル中に数十本の波長多重化された光を伝送する。伝送された先では、多重化された光を光分波器に通し、元の 1 波ずつの光に分離した後、光－電気変換することで信号を得る。しかしながら、レーザの温度による発振波長ずれを小さくするために、精密な温度コントロールが必要であり、高コストのシステムとなる。 30

【0003】

一方、アクセス系や L A N 系などの幹線系よりも川下では波長多重密度のより小さい低密度波長多重光通信（C W D M、C o a r s e W a v e D i v i s i o n M u l t i p l e x i n g）が検討されている。このシステムは、光源の温度変動による波長ずれに対応した光デバイスを構成要素としており、安定化のための温度調節が不要であり、低コストでネットワークを構築可能である。低密度波長多重光通信では、一般に波長間隔は約 20 nm、光源の波長ずれ幅は約 5 nm が要求され、分波器はこの波長ずれに対応する必要がある。さらに、幹線系よりも川下で使用されることから、幹線系で主流の S M（シングルモード）光ファイバ以外に M M（マルチモード）光ファイバへの対応も必要である。そのために、D W D M システムで主に使用されている位相差を用いた A W G（A r r a y e d W a v e g u i d e G r a t i n g）等の分波器は使用できない。 40

【0004】

低密度多重光通信に対応した分波器としては、フィルタを用いる方法が提案されているが、波長数と同じ、または、波長数より 1 つ少ない種類の高価な多層膜フィルタが必要であり、実装コスト、製造コストとも高価になる問題がある。

【0005】

それに対して、回折格子を用いた分波器は、1 つの回折格子で数波長の分波が可能であり 50

、多層膜フィルタ方式に比べて低コストである。回折格子は、その表面に細かな溝が数千～数万本形成されており、回折光が互いに干渉することで、ある特定の波長を特定の方向へ出射することが可能となる。また、回折格子として作製されたマスターを用いて、転写技術によりレプリカ形成も可能となるため、このシステムは大量生産に適している。

【0006】

図6に従来の分波器の構成例を示す（特許文献1）。

【0007】

図6に示す分波器は、回折格子4、レンズ3、6、導波路アレー2より構成されている。光ファイバアレイ（光入射部）1に入射された信号光は、レンズ3、6により平行光とされ回折格子4に入射される。すると、回折格子4により光信号はその波長に応じた方向に回折される。回折光は、その後、レンズ3、6に再び入射され、それぞれの波長の光路に応じて配置された受光器（図示せず）へと導かれるようになっている。 10

【0008】

入射部に入射され、さらに回折格子4に入射する光は、角度分散を持ち広がって回折格子4に入射するため、回折格子4上でのスポット径が大きくなり、回折光も広がり、受光器に入射する光量が減少し、分波器の挿入損失が増加する。

【0009】

この光の広がりを抑え、分波器の挿入損失を減少させるために、レンズ3、6を用い平行光にすることが必要となる。

【0010】

この従来例には、レンズ3、6の組合せとして、ルネブルグレンズ、ジオデシックレンズ、または2次元レンズの中から選ばれるひとつと断面半円形状の円筒レンズ6との組み合わせにより平行光を得ていることが開示されている。 20

【0011】

【特許文献1】

特開平09-043440号公報

【特許文献2】

特開2000-171660号公報

【特許文献3】

特開2000-284141号公報 30

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、2種類の異なるレンズを組み合わせることで高コストとなってしまうという問題がある。

【0013】

また、他の従来の技術として開示されているものとしては、1個の球面レンズを使用し平行光としているものがある（特許文献2、特許文献3）。

【0014】

しかし、球面レンズを使用する場合、回折格子での損失を小さくすると厚み方向のサイズが大きくなる問題があり、さらに、組立て時にレンズと回折格子、または、光ファイバ等の光学部品とのトレランスが小さく、さらに球面状の部品と平面状の部品とを光軸を適合させて配置することは容易ではないという問題があった。 40

【0015】

また、これらのシステムでは、光源の温度変動による波長ずれに対応した温度補正機構が無い場合、上記の低密度波長多重光通信の要求仕様を満足することが期待できず、実際にこれらを低密度多重光通信に対応させて使用することは困難である。

【0016】

そこで、本発明の目的は、上記従来技術の問題点を解消し、単純な構成を持ち安価で、組み立ての際に高精度な調芯が不要でトレランスが大きく、信号光の波長が変化した場合でも、正確に信号光を分波することが可能な波長多重分波器を提供することにある。 50

【0017】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明に係わる波長多重分波器は、光入射部と、前記光入射部に入射された波長多重信号光を回折させ、波長ごとに前記波長多重信号光を分波させる回折格子と、前記回折格子により分波された信号光を導波させる導波路とを有する波長多重分波器において、前記回折格子は、この分波される信号光の広がり角を刻線方向と直交する方向について低減させる広がり角低減手段を更に備え、前記回折格子と前記光入射部との間及び前記回折格子と前記導波路との間にシリンドリカルレンズが配置されたことを特徴とする。

【0018】

10

また、本発明の分波器は、回折格子の刻線方向と直交する方向についての広がり角低減手段として、格子ピッチが連続的に変化するチャープ状、または形状が円弧状の回折格子を用いることができる。格子ピッチがチャープ状の回折格子、または円弧状の形状の回折格子を用いた場合、回折格子の刻線方向と直交する方向についての信号光の広がり角の低減はこれらの回折格子で行えるため、集光に球レンズを用いる必要がない。レンズには回折格子の刻線方向の絞りを行うシリンドリカルレンズだけを用いればよく、これにより分波器の厚さ方向のサイズを小さくすることが可能となる。

【0019】

また、本発明では、前記回折格子により分波された信号光の伝播方向に向かって断面積が減少するテーパ型導波路を用いていることを特徴とする。光源の温度変化等に起因する波長ずれにより、回折格子上で回折後の焦点の位置ずれが生ずる。この位置ずれを補正し、信号光を受光器に向かって絞り込むには、断面積が減少するテーパ型導波路が有効である。テーパ型導波路は平面状の光導波路であり、棒状のシリンドリカルレンズとの位置合わせが球レンズに比べて容易であることも利点である。

20

【0020】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の好適な一実施形態を添付図面に基づいて詳述する。

【0021】

図2のチャープ型回折格子（広がり角低減手段）を用いた実施の形態を図1（a）、図1（b）に、図5の円弧状回折格子（広がり角低減手段）を用いた実施の形態を図4（a）、図4（b）に示す。

30

【0022】

これら実施の形態では、光入射部11、シリンドリカルレンズ12、テーパ型導波路14、54、受光器15より構成されている。

【0023】

光入射部11へ入射した信号光は、シリンドリカルレンズ12により1軸（刻線方向：Y方向）で平行光43にされ（図3）、回折格子13、53に入射する。回折格子13、53により信号光のそれぞれの波長に応じた方向に回折される。回折された信号光は、シリンドリカルレンズ12に入射し、テーパ型導波路14、54の、シリンドリカルレンズ12側の入射端面61に集光される。さらに、回折された信号光は、後述するようにそれぞれの波長の集光位置を考慮して配置されたテーパ型導波路14、54に入射した後に、波長ごとにそれぞれのポートへ絞り込まれ受光器15へと取り込まれる。

40

【0024】

広がり角低減手段として、回折格子の格子ピッチが連続的に変化するチャープ状の回折格子13（図2）、または円弧状の形状をもつ回折格子53（図5）を用いた場合、刻線方向と直交する方向（Zx方向）についての集光を行うレンズを必要とせず、1軸方向に平行光とするシリンドリカルレンズ12のみを用いれば良い。この場合、レンズの種類及び数を減少させ、また球レンズを用いた場合に比べて分波器の組み立て時の光の調芯を容易にすることが可能となる。また、これらの回折格子13、53は、ともに量産方法として適した転写技術や射出成型による作製が可能であり、量産性に適している。

50

【0025】

回折格子13, 53では、入射波長がずれば回折される方向が変化し、出射位置が移動する。この出射位置のずれを補正し、受光器15へ信号光を絞り込むには、テーパ型導波路14, 54を用いることが適している。また、テーパ型導波路14, 54の入射端面を波長ずれの範囲以上に広くつくることにより、波長多重分波器の実装の際にトレランスを大きくとることができ、容易に実装が可能となる。

【0026】

すなわち、テーパ型導波路14, 54を用いると、図1(b)及び図4(b)に示すように、波長ずれがない場合の波長18, 58はもとより、光源の波長がずれた場合の波長19, 59であっても、クロストークを生じることなく同一の受光器15へ導くことができる。 10

【0027】

このテーパ導波路14, 54の長さ、テーパ部の角度等の形状については、テーパ部分での損失が最小となるように最適化することができる。

【0028】

さらに、テーパ型導波路14, 54は、安価であるポリマ材料を用い、例えばフォトリソグラフィーなどのような作製プロセスが安価な方法を用いて作製することができる。さらにまた、テーパ型導波路14, 54は平面状であり、しかも棒状のシリンドリカルレンズ12は球面レンズ等に比べて固定する際の位置合わせ箇所が少ないため、これらの位置合わせを容易にするという利点もある。 20

【0029】

また、テーパ型導波路14, 54は出射端面62に近づくにつれて導波路幅が狭くつくられているため、それに伴って光信号の全反射角度が小さくなる。このため、出射端面に近づくにつれ放射モードで漏れる光量が増えていき、損失が大きくなる場合がある。これを防止するためには、導波路内での光の閉じ込めを強くする必要があり、テーパ型導波路14, 54にクラッド層は設けず、屈折率の小さな空気層をクラッド層の代わりとすることも可能である。さらに、テーパ型導波路14, 54の端面に反射防止膜を施すなどして、反射による損失増加を防止することも可能である。

【0030】

【実施例】

以下、本発明を実施例により具体的に説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。 30

【0031】

(実施例1)

図1に本実施例の全体構成を示す。

【0032】

本実施例で使用される回折格子13の詳細を図2に示す。図2(a)は回折格子13の上面を示したものであり、(b)はその前面を示したものである。

【0033】

本実施例では、光入射部としてコア径62.5 μm のMM光ファイバ11、回折格子として幅が11mm、格子ピッチ63が1.0~4.0 μm まで変化しそれに伴いブレイズ角が10~50°変化するチャープ型回折格子13(図2)、回折格子の刻線65の方向と直交する方向についての広がり角低減手段として、焦点距離がレンズ端面0.4mmのシリンドリカルレンズ12、入射する波長ずれ補正手段として、長さ8mm、コア径60 μm で、受光器に向かって細くなり、ポリマを材料とするテーパ型光導波路14、光受光部としてピッチ250 μm 、入射径70 μm の受光器アレイ15を用いて、低密度多重光通信の要求仕様：1300nm帯で4波(中心波長1275.7nm、1300.2nm、1324.7nm、1349.2nm)、波長間隔24.5nm、波長ずれ $\pm 5.7\text{nm}$ に対応した波長多重分波器を作製した。 40

【0034】

平面チャープ型の回折格子 13 を用いた場合、出射光のそれぞれの集光位置は光線方向に対して垂直には並ばず、長波長集光位置 16 及び短波長集光位置 17 に示すように光線方向に対して斜めに傾く。そこで、この傾きに対応するため、図 1 (b) に示すような入射位置 64 が斜めに傾いたテーパ型導波路 14 を用いた。

【0035】

このテーパ導波路 14 の長さ、テーパ部の角度等の形状は、テーパ部分での損失が最小となるように最適化されている。

【0036】

なお、シリンドリカルレンズ 12 の焦点位置はテーパ型導波路への入射端面 61 とし、回折格子 13 の焦点位置とテーパ型導波路 14 の入射位置 64 とが重なるように配置した。 10

【0037】

波長多重分波器の作製は、ほとんどがパッシブ実装可能であり、球レンズを用いた場合に比べて低コストで作製が可能である。

【0038】

実装した波長多重分波器の特性は、1270～1281.4 nm、1294.5～1305.9 nm、1319.0～1330.4 nm、1343.5～1354.9 nm の波長範囲で損失 3 dB 以下を達成し、透過波長帯でフラットな損失特性を達成した。

【0039】

(実施例 2)

図 4 に本実施例の全体構成を示す。 20

【0040】

本実施例で使用する回折格子 53 の詳細を図 5 に示す。

【0041】

図 5 (a) は回折格子 53 の上面を示したものであり、図 5 (b) はその前面を示したものである。

【0042】

本実施例では、光入射部としてコア径 62.5 μm の MM 光ファイバ 11、格子ピッチ 63 が 3.0 μm 、ブレイズ角が連続的に変化し円弧の曲率半径が 12 mm の円弧状回折格子 53、回折格子の刻線 65 の方向と直交する方向についての広がり角低減手段として、1 軸の焦点距離がレンズ端面 0.4 mm のシリンドリカルレンズ 12、入射する波長ずれ補正方法として長さ 8 mm、コア径 60 μm で、受光器に向かって細くなるポリマテーパ型光導波路 54、光受光部としてピッチ 250 μm 、入射径 70 μm の受光器アレイ 15 を用いて、低密度多重光通信の要求仕様：1300 nm 帯で 4 波（中心波長 1275.7 nm、1300.2 nm、1324.7 nm、1349.2 nm）、波長間隔 24.5 nm、波長ずれ ± 5.7 nm に対応した波長多重分波器を作製した。 30

【0043】

曲面回折格子 53 を用いた場合、ローランド円の頂点付近を出射位置にすることにより、集光位置は、実施例 1 と異なり、長波長集光位置 56 と短波長集光位置 57 に示すように光線方向に対して垂直であり、したがって、図 4 に示すように、光線方向と垂直な入射端面 61 を有し、入射位置 64 が入射端面 61 に平行なテーパ光導波路 54 を用いた。 40

【0044】

このテーパ導波路 54 の長さ、テーパ部の角度等の形状は、テーパ部分での損失が最小となるように最適化されている。

【0045】

分波器の作製は、ほとんどがパッシブ実装可能であり、球レンズを用いた場合に比べて低コストで作製が可能である。

【0046】

実装した分波器の特性は、1270～1281.4 nm、1294.5～1305.9 nm、1319.0～1330.4 nm、1343.5～1354.9 nm の波長範囲で損失 3 dB 以下を達成し、透過波長帯でフラットな損失特性を達成した。 50

【0047】

なお、実施例1又は2で用いる光入射部はMM光ファイバに限らず、SM光ファイバ、光導波路、その他レンズ系を介した入射部でも良い。

【0048】

また、使用する波長帯は、回折格子の格子ピッチやブレイズ角の設計、テーパ型導波路の形状設計を変更することにより、1500nm帯、850nm帯でも使用可能である。

【0049】

本発明の波長多重分波器は、例えば、10Gイーサネット規格であるLX4等、SM、MM双方に対応した分波器や光トランシーバに適用可能である。さらには、1270～1610nm帯で2波長間隔20nmのITU-T649.2に準拠した光分波器や光トランシーバにも適用可能である。 10

【0050】

【発明の効果】

以上要するに本発明によれば、単純な構成を持ち安価で、組み立ての際に高精度な調芯が不要でトレランスが大きく、信号光の波長が変化した場合でも、正確に信号光を分波することが可能な波長多重分波器を提供することができるという優れた効果を発揮するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態を示す図である。

【図2】図1におけるチャープ型回折格子の詳細を示す図である。 20

【図3】図1、図4におけるシリンドリカルレンズの光学系を示す図である。

【図4】本発明の他の実施の形態を示す図である。

【図5】図4における円弧状回折格子の詳細を示す図である。

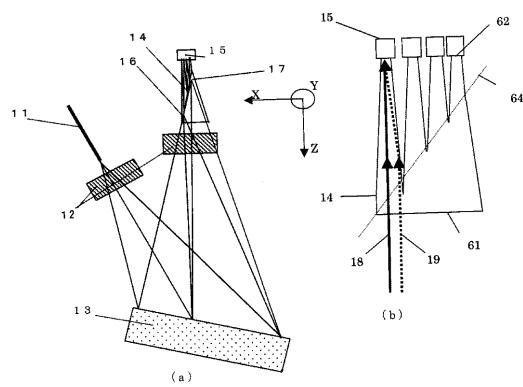
【図6】従来例を示す図である。

【符号の説明】

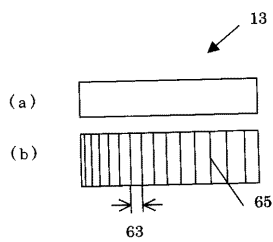
- | | | |
|----|-----------------|----|
| 1 | ファイバアレイ | |
| 2 | 導波路アレイ | |
| 3 | レンズ | |
| 4 | 回折格子 | |
| 5 | レンズ固定用ブロック | 30 |
| 6 | 円筒レンズ | |
| 11 | 光ファイバ（光入射部） | |
| 12 | シリンドリカルレンズ | |
| 13 | 回折格子 | |
| 14 | テーパ型導波路 | |
| 15 | 受光器アレイ（受光器） | |
| 16 | 長波長集光位置 | |
| 17 | 短波長集光位置 | |
| 18 | 光源の波長ずれのない分波波長光 | |
| 19 | 光源の波長ずれのある分波波長光 | 40 |
| 43 | 平行光 | |
| 53 | 回折格子 | |
| 54 | テーパ型導波路 | |
| 56 | 長波長集光位置 | |
| 57 | 短波長集光位置 | |
| 58 | 光源の波長ずれのない分波波長光 | |
| 59 | 光源の波長ずれのある分波波長光 | |
| 61 | 入射端面 | |
| 62 | 出射端面 | |
| 63 | 格子ピッチ | 50 |

- 6 4 入射位置
- 6 5 刻線

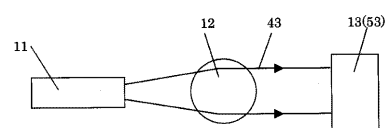
【図 1】



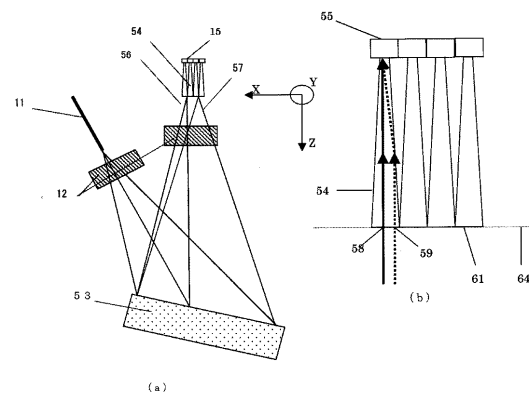
【図 2】



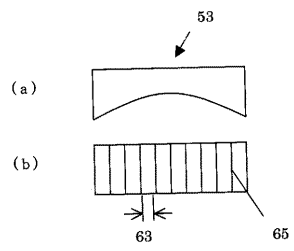
【図 3】



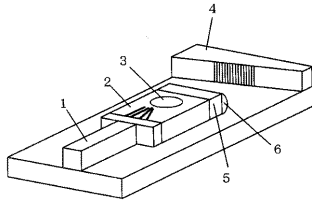
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

- (72)発明者 阿部 富也
東京都千代田区大手町一丁目6番1号 日立電線株式会社内
- (72)発明者 伊藤 雄三
東京都千代田区大手町一丁目6番1号 日立電線株式会社内
- (72)発明者 杉田 辰哉
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内