

(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2016-6450

(P2016-6450A)

(43) 公開日 平成28年1月14日(2016.1.14)

(51) Int. Cl. F 1 テーマコード (参考)
G 0 2 B 26/08 (2006.01) G 0 2 B 26/08 E 2 H 1 4 1

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 12 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2014-126985 (P2014-126985) (22) 出願日 平成26年6月20日 (2014. 6. 20)</p>	<p>(71) 出願人 000004226 日本電信電話株式会社 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 (71) 出願人 304021417 国立大学法人東京工業大学 東京都目黒区大岡山2丁目12番1号 (74) 代理人 100064621 弁理士 山川 政樹 (74) 代理人 100098394 弁理士 山川 茂樹 (74) 代理人 100153006 弁理士 小池 勇三 (72) 発明者 田野辺 博正 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日 本電信電話株式会社内 最終頁に続く</p>
--	--

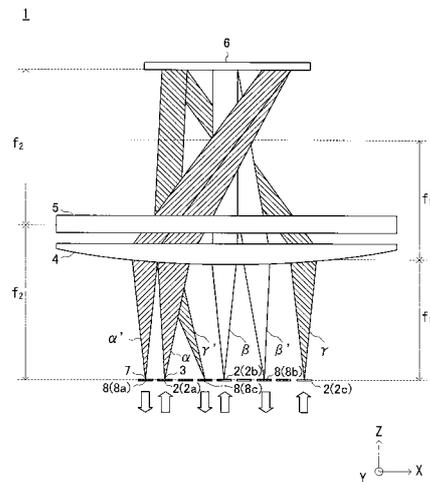
(54) 【発明の名称】 波長選択スイッチ

(57) 【要約】

【課題】 小型化を実現できる波長選択スイッチを提供する。

【解決手段】 波長選択スイッチ1は、複数の光信号入力ポート2と、この光信号入力ポート2毎に設けられた偏向部3と、この偏向部3と対向配置された第1のレンズ4と、この第1のレンズ4と対向配置された第2のレンズ5と、この第2のレンズ5と対向配置された反射部6と、偏向部3と並設された受光部7と、この受光部7毎に設けられた光信号出力ポート8とを備えている。反射部6は、第1のレンズ4からこの第1のレンズ4の焦点距離 f_1 とは異なる位置に配設される。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

外部から光信号が入力される少なくとも1つの光信号入力ポートと、
光信号を外部に出力する少なくとも1つの光信号出力ポートと、
前記光信号入力ポート毎に設けられ、前記光信号入力ポートに入力された光信号をこの
光信号の波長に応じた出射角度で出射する出射部と、

この出射部から入射した光信号を所定の方向に反射する反射部と、

前記光信号出力ポート毎に設けられ、前記反射部により反射された光信号を受光して前
記光信号出力ポートに導波させる受光部と、

前記出射部および前記受光部と前記反射部との間に配設され、焦点距離が f_1 であり、
前記出射部および前記受光部と前記反射部とを結ぶ第1の軸に対して垂直な第2の軸の方
向に集光する第1のレンズと、

前記出射部および前記受光部と前記反射部との間に配設され、焦点距離が前記 f_1 と異
なる f_2 であり、前記第1の軸および前記第2の軸に対して垂直な第3の軸の方向に集光
する第2のレンズと

を備え、

前記出射部は、前記出射角度を前記第2の軸の方向に変化させて前記光信号を出射し、

前記第1のレンズは、前記出射部および前記受光部から前記 f_1 の位置に配設され、

前記第2のレンズは、前記出射部、前記受光部および前記反射部から前記 f_2 の位置に
配設される

ことを特徴とする波長選択スイッチ。

【請求項 2】

請求項1記載の波長選択スイッチにおいて、

前記出射部および前記受光部は、前記第2の軸の方向に並設される

ことを特徴とする波長選択スイッチ。

【請求項 3】

請求項1または2記載の波長選択スイッチにおいて、

前記出射部および前記受光部は、板状の第1の反射鏡と、この第1の反射鏡と所定間隔
離間して対向配置され、前記第1の反射鏡よりも反射率が高い第2の反射鏡とを備えた中
空光導波路からなり、

前記第1の反射鏡は、前記反射部と対向し、

前記光信号入力ポートおよび前記光信号出力ポートは、前記第1の反射鏡の一側端に形
成される

ことを特徴とする波長選択スイッチ。

【請求項 4】

請求項3記載の波長選択スイッチにおいて、

前記中空光導波路は、内部に設けられた活性領域と、この活性領域に電流を供給する電
極とをさらに備える

ことを特徴とする波長選択スイッチ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、波長選択スイッチに関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年の光通信では、一つの波長に一つの光信号を対応させて波長多重する WDM (Wave
length Division Multiplexing) 技術により、一本の光ファイバを使って大容量の光伝送
が行えるようになってきている。そして、この WDM 技術とパス管理の技術を組み合わせるこ
とにより、超高速・大容量の伝送ネットワークを実現する ROADM (Reconfigurable O
ptical Add/Drop multiplexer) システムが注目を浴びている。この ROADM システム

10

20

30

40

50

は、ネットワークをリング型として各ノードで光信号のアド・ドロップを行うと共にその必要がないものは光信号のまま通過させるため、ノード装置の小型化と低消費電力化が実現できる。このようなROADMシステムの基幹デバイスの一つに、波長選択スイッチ(WSS(Wavelength Selective Switch))がある。

【0003】

従来の波長選択スイッチの一例を図7に示す。この図7に示す波長選択スイッチ100は、入力用のアレイ導波路回折格子(AWG(Arrayed Waveguide Grating))111と出力用のAWG112を含む平面光回路(PLC(Planar Lightwave Circuit))110と、AWG111, 112と対向配置された集光レンズ120と、この集光レンズ120と対向配置された液晶スイッチ130とを備えている(例えば、特許文献1参照。)

10

【0004】

入力用のAWG111から一斉出力された光信号は、波長毎に異なる同位相面を備えているので、波長毎に伝搬する方向が異なる。よって、入力用のAWG111は波長毎に出射角度が異なる角度分散特性を備えた分光器として作用する。したがって、入力用のAWG111によって分光された光信号が集光レンズ120を通過して液晶スイッチ130上に結像する位置は波長毎に異なる。そして、液晶スイッチ130上で集光された光信号が液晶スイッチ130の底面に設けられた反射板で反射され、液晶スイッチ130が備える複屈折機能によってその反射角度が変化する。これによって、光信号をある特定の出力用のAWG112へと選択的に光結合させることが可能となる。これら一連の作用によって、光信号を波長毎に任意の出力用のAWG112へと光結合させ、光学系全体として波長選択スイッチ(WSS)としての機能を得ることができる。このとき、出力用のAWG112の数をN個とすると、1入力N出力の機能を有する1×N-WSSが実現できる。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2010-117564号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、入力用のAWGから出射される光信号の出射角度は、波長毎に異なるもののその大きさに限界があった。このため、液晶スイッチ面上において波長毎に焦点位置を分離させるためには比較的焦点距離が長い集光レンズを必要とするので、結果として、光学系全体の小型化に限界があった。

30

【0007】

また、平面光回路に集積できるAWGの数量は平面光回路の基板や波長選択スイッチ本体の大きさに依存するので、光学系全体の小型化と共にポートの数量を増加することが困難であった。

さらに、集光レンズは、AWGに対応して設けられるのでAWGの数が増えると大きくしなければならないが、集光レンズの屈折率の温度依存性により、レンズの大形化には限界がある。このため、実用レベルでの波長選択スイッチのポート数の拡大には限界があり、1入力N出力の機能を有する1×N-WSSにおけるN値は9に留まるのがこれまで一般的であった。また、AWGの代わりに多芯光ファイバとプリズムを用いた場合でも、この限界は不可避のままであった。

40

【0008】

そこで、本発明は、小型化を実現できる波長選択スイッチを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上述したような課題を解決するために、本発明に係る波長選択スイッチは、外部から光信号が入力される少なくとも1つの光信号入力ポートと、光信号を外部に出力する少なく

50

とも1つの光信号出力ポートと、光信号入力ポート毎に設けられ、光信号入力ポートに入力された光信号をこの光信号の波長に応じた出射角度で出射する出射部と、この出射部から入射した光信号を所定の方向に反射する反射部と、光信号出力ポート毎に設けられ、反射部により反射された光信号を受光して光信号出力ポートに導波させる受光部と、出射部および受光部と反射部との間に配設され、焦点距離が f_1 であり、出射部および受光部と反射部とを結ぶ第1の軸に対して垂直な第2の軸の方向に集光する第1のレンズと、出射部および受光部と反射部との間に配設され、焦点距離が f_1 と異なる f_2 であり、第1の軸および第2の軸に対して垂直な第3の軸の方向に集光する第2のレンズとを備え、出射部は、出射角度を第2の軸の方向に変化させて光信号を出射し、第1のレンズは、出射部および受光部から f_1 の位置に配設され、第2のレンズは、出射部、受光部および反射部から f_2 の位置に配設されることを特徴とするものである。

【0010】

上記波長選択スイッチにおいて、出射部および受光部は、第2の軸の方向に並設されるようにしてもよい。

【0011】

また、上記波長選択スイッチにおいて、出射部および受光部は、板状の第1の反射鏡と、この第1の反射鏡と所定間隔離間して対向配置され、第1の反射鏡よりも反射率が高い第2の反射鏡とを備えた中空光導波路からなり、第1の反射鏡は、反射部と対向し、光信号入力ポートおよび光信号出力ポートは、第1の反射鏡の一側端に形成されるようにしてもよい。

【0012】

また、上記波長選択スイッチにおいて、分光部および入射部は、第1のレンズに対向配置された板状の第1の反射鏡と、この第1の反射鏡と所定間隔離間して対向配置され、第1の反射鏡よりも反射率が高い第2の反射鏡とを有する中空光導波路からなり、光信号入力ポートおよび光信号出力ポートは、第1の反射鏡の一側端に形成されるようにしてもよい。

【0013】

また、上記波長選択スイッチにおいて、中空光導波路は、内部に設けられた活性領域と、この活性領域に電流を供給する電極とをさらに備えるようにしてもよい。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、出射部を第1のレンズの焦点距離 f_1 と異なる位置に配置するので、出射部と第1のレンズとの距離を短くすることができ、結果として、小型化を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】図1は、本発明の実施の形態に係る波長選択スイッチの構成を模式的に示す斜視図である。

【図2】図2は、図1の平面図である。

【図3】図3は、図1の側面図である。

【図4】図4は、反射部の構成を模式的に示す図である。

【図5】図5は、波長を多重した光信号を用いた場合の図1の側面図である。

【図6】図6は、出射部および光入力ポートの具体例を示す側面図である。

【図7】図7は、従来の波長選択スイッチの構成を模式的に示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、図面を参照して、本発明の実施の形態について詳細に説明する。

【0017】

<波長選択スイッチ1の構成>

図1～図3に示すように、本実施の形態に係る波長選択スイッチ1は、複数の光信号入

10

20

30

40

50

力ポート 2 と、この光信号入力ポート 2 毎に設けられた出射部 3 と、この出射部 3 と対向配置された第 1 のレンズ 4 と、この第 1 のレンズ 4 と対向配置された第 2 のレンズ 5 と、この第 2 のレンズ 5 と対向配置された反射部 6 と、出射部 3 と並設された受光部 7 と、この受光部 7 毎に設けられた光信号出力ポート 8 とを備えている。

ここで、光信号入力ポート 2、出射部 3、第 1 のレンズ 4、第 2 のレンズ 5 および反射部 6 は、図 2、図 3 に示すように、この順番で Z 軸方向に沿って配置されている。また、光信号入力ポート 2 と光信号出力ポート 8 とは、Z 軸に垂直な X 軸の方向に並設されている。同様に、出射部 3 と受光部 7 も、X 軸の方向に併設されている。

【0018】

光信号入力ポート 2 は、例えば光ファイバ等を介して外部から光信号が入力される光入力端子である。光信号入力ポート 2 の数量は、外部から波長選択スイッチ 1 に入力される光信号の数量に対応する。このような光信号入力ポート 2 は、外部から入力された光信号を出射部 3 に導波させる。

10

【0019】

出射部 3 は、入射した光信号を波長に応じて出射角を変化させて出射する偏向素子である。このような出射部 3 は、光信号入力ポート 2 から導波してきた光信号を、その光信号の波長に応じて Y 軸の方向に変化させる。

【0020】

第 1 のレンズ 4 は、焦点距離が f_1 であり、X 軸方向のみに集光するシリンダリカルレンズからなる。この第 1 のレンズ 4 は、出射部 3 から焦点距離 f_1 の位置に配置される。

20

【0021】

第 2 のレンズ 5 は、焦点距離が f_2 であり、Y 軸方向のみに集光するシリンダリカルレンズからなる。その焦点距離 f_2 は、第 1 のレンズ 4 の焦点距離 f_1 とは異っており、本実施の形態では焦点距離 f_1 よりも長くなっている。このような第 2 のレンズ 5 は、出射部 3 および受光部 7 と反射部 6 との間に、それぞれから焦点距離 f_2 の位置に配置される。

【0022】

反射部 6 は、入射した光信号を所定の方向に反射する反射装置である。この反射部 6 としては、例えば、入射した光信号の位相を変調して所定の方向に反射する液晶スイッチ（例えば、特許文献 1 参照。）や MEMS (Micro Electro Mechanical System) ミラーなどからなる。本実施の形態において、反射部 6 は、図 4 に示すように、X 軸および Y 軸方向に沿って 2 次元的に配列された複数の反射素子 61 から構成されている。各反射素子 61 は、入射した単一波長の信号光または所定の波長帯の光信号を、任意の方向に反射する。

30

ここで、反射素子 61 の X 軸（光入出力ポート軸）方向の配置は、光信号入力ポート 2 および光信号出力ポート 8 の位置に対応するように設定されてる。一方、反射素子 61 の Y 軸（波長軸）方向の配置は、入射する光信号の波長に対応するように設定されている。

このような反射部 6 は、第 1 のレンズ 4 からこの第 1 のレンズ 4 の焦点距離 f_1 とは異なる位置であり、かつ、第 2 のレンズ 5 からこの第 2 のレンズ 5 の焦点距離 f_2 の位置に配設される。

40

【0023】

受光部 7 は、光信号を受光する受光素子である。このような受光部 7 は、入射した光信号に対応する光信号出力ポート 8 へと導波させる。

【0024】

光信号出力ポート 8 は、受光部 7 から導波してきた光信号を外部へと伝達する光出力端子である。

【0025】

< 波長選択スイッチの動作 >

次に、本実施の形態に係る波長選択スイッチ 1 の動作について説明する。なお、以下においては、光信号入力ポート 2 および光信号出力ポート 8 をそれぞれ複数設け、光信号入

50

力ポート 2 a に光信号、光信号入力ポート 2 b に光信号、光信号入力ポート 2 c に光信号が入力された場合を例に説明する。ここで、光信号 ~ は、それぞれ波長が異なる単一の波長の光信号である。

【 0 0 2 6 】

まず、外部から光信号入力ポート 2 (2 a ~ 2 c) に入力された光信号 ~ は、光信号入力ポート 2 から出射部 3 に導波し、第 1 のレンズ 4 に向かって出射される。このとき、光信号 ~ は、図 3 に示すように、出射部 3 により波長に応じて Y 軸の方向に出射角度が変化させられる。これにより、それぞれ波長が異なる光信号 ~ は、図 3 に示すように Y Z 平面においては異なる方向に偏向して進行する一方、図 2 に示す X Z 平面では Z 軸に沿って進行する。

10

【 0 0 2 7 】

出射部 3 から第 1 のレンズ 4 に入射した光信号 ~ は、第 1 のレンズ 4 が出射部 3 から焦点距離 f_1 の位置に配置されているので、図 2 に示すように第 1 のレンズ 4 によって X Z 平面方向において平行光とされて、第 1 のレンズ 4 の反射部 6 側に位置する焦点に向かって第 2 のレンズ 5 へと進行する。ここで、第 1 のレンズ 4 は X 軸方向に集光するものなので、Y Z 平面において光信号 ~ は、第 1 のレンズ 4 によって偏向されず、出射部 3 から第 2 のレンズ 5 に向かって直進する。

【 0 0 2 8 】

第 1 のレンズ 4 によって平行光とされて第 2 のレンズ 5 に入射した光信号 ~ は、図 3 に示すように、第 2 のレンズ 5 によって集光されて反射部 6 に入射する。

20

ここで、反射部 6 は、第 2 のレンズ 5 から焦点距離 f_2 の位置に配置されている。したがって、光信号 ~ は、反射部 6 上に集光されることとなる。なお、第 2 のレンズ 5 は Y 軸方向に集光するものなので、X Z 平面においては、光信号 ~ は第 2 のレンズ 5 によって集光されず、第 1 のレンズ 4 から反射部 6 に向かって直進する。

【 0 0 2 9 】

反射部 6 に入射した光信号 ~ は、光信号出力ポート 2 と波長に基づいて特定の反射素子 6 1 に集光し、この反射素子 6 1 によって所定の方向に光信号 ' ~ ' として反射される。

【 0 0 3 0 】

光信号が入射する反射部 6 の反射素子 6 1 は、光信号の波長と光信号入力ポート 2 および光信号出力ポート 8 の位置とにより決定される。

30

上述したように、光信号は、出射部 3 により波長に応じて Y 軸の方向に偏向させられる。したがって、反射部 6 における Y 軸方向の位置は、光信号の波長に対応している。

また、光信号入力ポート 2 それぞれから出射された光信号は、第 1 のレンズ 4 により平行光とされるときに X 軸の方向に偏向し、第 1 のレンズ 4 の反射部 6 側の焦点に向かって進行する。そして、光信号入力ポート 2 および光信号出力ポート 8 は、1 つの軸 (X 軸) 方向に併設されている。したがって、反射部 6 における X 軸方向の位置は、光信号入力ポート 2 および光信号出力ポート 8 の位置に対応している。

【 0 0 3 1 】

したがって、反射部 6 の各反射素子 6 1 には、特定の光信号入力ポート 2 から特定の波長の光信号が入射する。そして、各反射素子 6 1 は、その特定の光信号入力ポート 2 から入射した特定の波長の光信号を、出力させる光信号出力ポート 8 に応じて任意の X 軸の方向に変化させて反射させる。

40

【 0 0 3 2 】

反射部 6 で反射された光信号 ' ~ ' は、第 2 のレンズ 5、第 1 のレンズ 4 を通過してそれぞれ所定の受光部 7 に入射し、この受光部 7 を伝播して光信号出力ポート 8 から外部に出力される。

これにより、特定の光信号入力ポート 2 に入力された特定の波長の光信号は、任意の光信号出力ポート 8 から出力されることとなる。

【 0 0 3 3 】

50

本実施の形態において反射部 6 は、第 1 のレンズ 4 から焦点距離 f_1 よりも離れた位置に設けているが、第 1 のレンズ 4 から焦点距離 f_1 よりも近づいた位置に設けるようにしてもよいことは言うまでもない。これにより、反射部 6 を第 1 のレンズ 4 から焦点距離 f_1 よりも近い位置に設けることにより、第 1 のレンズ 4 と反射部 6 との距離を短くすることができるので、結果として、波長選択スイッチ 1 の小型化を実現することができる。

【0034】

また、反射部 6 は、第 2 のレンズ 5 からこの第 2 のレンズ 5 の焦点距離 f_2 の位置に配設されており、この第 2 のレンズ 5 は出射部 3 および受光部 7 から焦点距離 f_2 の位置に配置されている。ここで、受光部 7 は、出射部 3 と Y 軸方向において同じ位置に配設されている。したがって、光信号 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ は、図 3 に示すように受光部 7 に入射することとなる。

10

【0035】

以上説明したように、本実施の形態によれば、反射部 6 は、第 1 のレンズ 4 から焦点距離 f_1 とは異なる位置に配設することにより、波長選択スイッチ 1 の小型化を実現することができる。

【0036】

なお、本実施の形態では、第 1 のレンズ 4 を第 2 のレンズ 5 よりも出射部 3 側に設ける場合を例に説明したが、第 2 のレンズ 5 を第 1 のレンズ 4 よりも出射部 3 側に設けるようにしてもよいことは言うまでもない。

【0037】

また、本実施の形態では、単一の波長の光信号が光信号入力ポート 2 に入力された場合を例に説明したが、複数の波長が多重された光信号が光信号入力ポート 2 に入力されるようにしてもよいことは言うまでもない。この場合、光信号は、出射部 3 により波長毎に Y 軸の方向に偏向させられることにより、複数の光信号に分光される。例えば、3 つの波長が多重された光信号が光信号入力ポート 2 に入力された場合、その光信号は、図 5 に示すように、出射部 3 により波長毎に Y 軸の方向に偏向させられることにより、3 つの光信号 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ に分光されることとなる。そして、この分光された各光信号は、光信号入力ポート 2 および波長に応じて特定の反射素子 6-1 に入射し、この反射素子 6-1 によって任意の方向に反射させられることにより、特定の光信号出力ポート 8 から出力されることとなる。

20

30

【0038】

また、上述した光信号入力ポート 2、出射部 3、受光部 7 および光信号出力ポート 8 は、1 つの中空光導波路に集積して構成することができる。この場合について、図 6 を参照して説明する。

【0039】

図 6 に示すように、中空光導波路 10 は、下部反射鏡 11 と、この下部反射鏡 11 と所定間隔離間して対向配置された上部反射鏡 12 とを備えており、下部反射鏡 11 と上部反射鏡 12 との間に中空の導波路 13 が形成されている。

【0040】

下部反射鏡 11 および上部反射鏡 12 は、例えば、シリコンとガラスを積層した多重反射膜から構成されている。ここで、上部反射鏡 12 の反射率は、下部反射鏡 11 の反射率よりも低く設定されている。また、下部反射鏡 11 と上部反射鏡 12 との間隔は、光信号の波長程度、例えば $1 \mu\text{m}$ 程度に設定される。導波路 13 の長手方向の長さは、例えば約 $200 \mu\text{m}$ に設定される。

40

【0041】

このような下部反射鏡 11 および上部反射鏡 12 は、例えばそれらの平面方向に対して垂直な板状の壁部材を X 軸方向に所定間隔離間して複数埋設することによって、X 軸方向に複数の領域に分離されている。この分離された各領域は、出射部 3 または受光部 7 として機能する。したがって、出射部 3 と受光部 7 とは、X 軸方向（図 6 の紙面に対して奥行き方向）に並設されることとなる。なお、図 6 では、出射部 3 として機能する 1 つの領域

50

が図示されている。

【0042】

また、上部反射鏡12のX軸方向に沿った一側部12aは、他の部分よりも薄く形成されている。この部分は、光信号入力ポートまたは光信号出力ポートとして機能する。なお、図6においては、出射部3として機能する領域が表されているので、一側部12aに光信号入力ポート2'が形成されている。この光信号入力ポート2'には、対向配置されたマイクロレンズ21を介して光ファイバ22から光信号が入射する。

なお、下部反射鏡11および上部反射鏡12には、上述したようにX軸方向に出射部3または受光部7として機能する領域が並設されており、それぞれの領域における一側部12aには対応する光信号入力ポートまたは光信号出力ポートが形成されている。そして、光信号入力ポート2'と同様、光信号出力ポートにもマイクロレンズおよび光ファイバが対向配置されており、光信号出力ポートから出力された光信号は、マイクロレンズ21を介して光ファイバ22から外部へと出力される。

【0043】

このように、配設可能な光信号入力ポート2'や光信号出力ポートの数量は、上部反射鏡12の一側部12aの長さ、と並設できるマイクロレンズ21および光ファイバ22の数量とに依存する。したがって、平面光回路にAWGを集積する場合よりもポートの数量を容易に増加させることができる。

【0044】

出射部として機能する中空光導波路10において、光信号は、マイクロレンズ21を介して光ファイバ22の先端から光信号入力ポート2'に入り、導波路13をその長手方向に伝播する際に、下部反射鏡11と上部反射鏡12との間でジグザグに反射を複数繰り返す。このとき、上部反射鏡12の反射率は下部反射鏡11の反射率よりも低いので、光信号は、ジグザグに導波路13内を伝搬しながら、上部反射鏡12から一部が中空光導波路10外部へと出射され、第1のレンズ4に向かって進行する。このとき、光信号は、スネルの法則に従って波長ごとに異なる角度で中空光導波路10の外部に出射される。ここで、光信号の上部反射鏡12への入射角を θ_i 、上部反射鏡12から出射された光信号の空気との屈折角を θ_r 、導波路13の等価屈折率を n_{wg} 、空気の屈折率を $n_{air} (= 1)$ とすると、スネルの法則により下式(1)が成り立つ。

【0045】

$$n_{air} \times \sin \theta_r = n_{wg} \times \sin \theta_i \quad \dots (1)$$

【0046】

また、導波路13のカットオフ波長を λ_c 、使用波長を λ とすると、屈折角 θ_r は下式(2)で表される。

【0047】

$$\theta_r = \sin^{-1} [n_{wg} \cdot \{ 1 - (\lambda / \lambda_c)^2 \}^{1/2}] \quad \dots (2)$$

【0048】

ここで、図6に示すように、各屈折点aの間隔dは、 $d = 2 \times \lambda \times \sin \theta_i$ で表わされ、1~数 μm 程度の値となる。他の光学的な角度分散器として、VIPA (Virtually Imaged Phased Array) やAWGがあげられるが、dに対応する値はそれぞれ10~20 μm であり、中空光導波路10よりも約10程度大きい。これにより、第1のレンズ4や第2のレンズ5に焦点距離が短いレンズを用いることが可能となるので、波長選択スイッチの小型化を実現することができる。

【0049】

また、中空光導波路10による角度分散特性は、下式(3)で表すことができる。なお、下式(3)において、 n_g は中空光導波路の群屈折率、 n_c は中空光導波路の実行屈折率、mは回折時数を示している。

【0050】

$$d / d = - n_g \cdot \{ m / (d \cdot n_c) \} \quad \dots (3)$$

【0051】

10

20

30

40

50

上式(3)に示すように、間隔dは分母に表れるので、中空光導波路10によって大きな角度分散特性が得られることが分かる。また、導波路13の垂直方向の長さが波長程度であるいわゆるキャビティ構造であり、FSR (Free Spectral Range) が100nmに達しているので、約100nmの波長帯域全てに渡って、角度分散が得られる。したがって、本実施の形態では、これまでにない広範な波長範囲での使用が可能である。

【0052】

なお、中空光導波路10には、活性領域14を設けるようにしてもよい。この場合、下部反射鏡11の下面と上部反射鏡12の上面に電極15を設け、活性領域14に所望の電流を供給することにより、出射部や受光部で光増幅を行うことが可能となり、光損失を補償することができる。

10

【0053】

また、中空光導波路10が受光部として機能する場合は、上述した出射部と光信号の向きを逆向きにすればよい。

【0054】

以上説明したように、本実施の形態によれば、光信号入力ポート、出射部、受光部および光信号出力ポートを中空光導波路から構成することにより、光信号を大きな角度で分散させることができるので、波長選択スイッチの小型化を実現することができる。

【産業上の利用可能性】

【0055】

本発明は、波長選択スイッチに適用することができる。

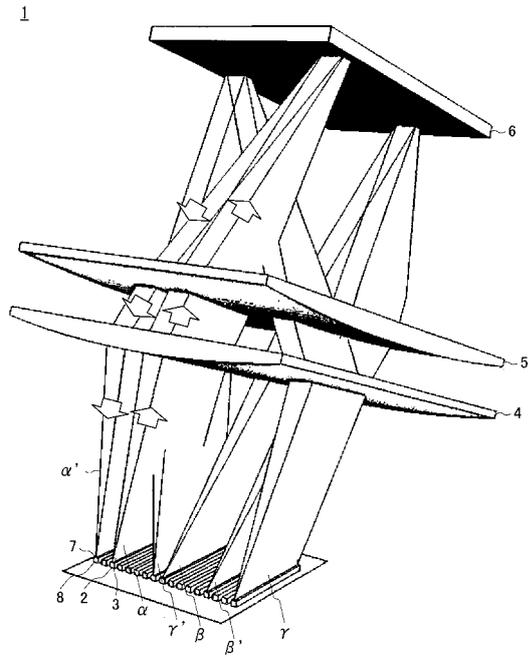
20

【符号の説明】

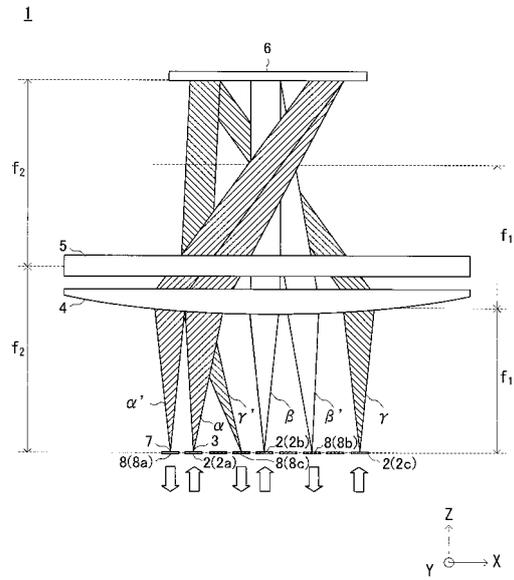
【0056】

1...波長選択スイッチ、2, 2', 2a~2c...光信号入力ポート、3, 3'...出射部、4...第1のレンズ、5...第2のレンズ、6...反射部、7...受光部、8...光信号出力ポート、10...中空光導波路、11...下部反射鏡、12...上部反射鏡、13...導波路、14...活性領域、15...電極、21...マイクロレンズ、22...光ファイバ、61...反射素子、1~3...光信号。

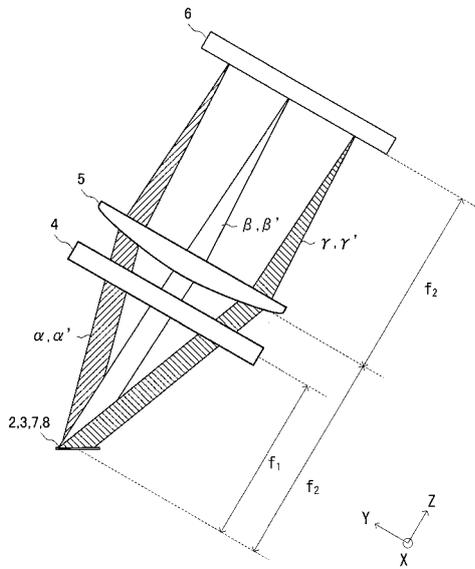
【 図 1 】



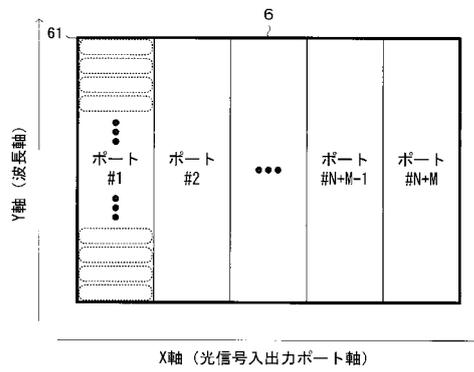
【 図 2 】



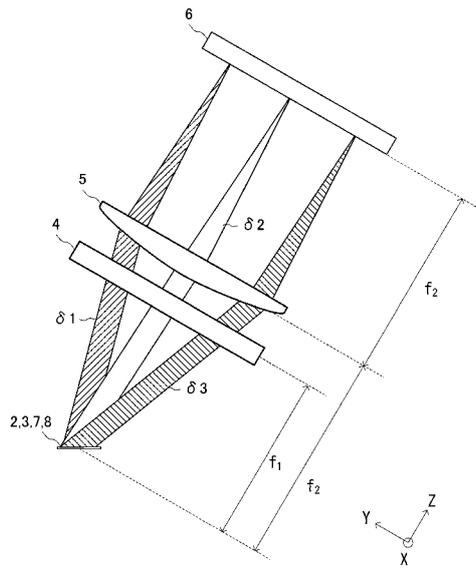
【 図 3 】



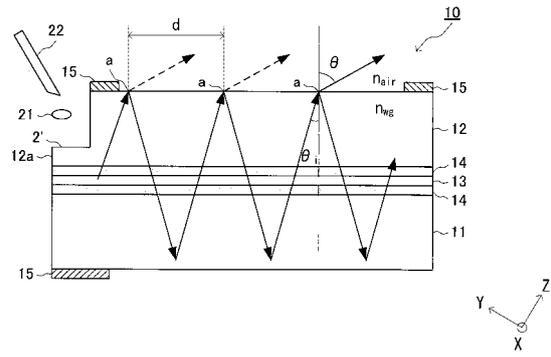
【 図 4 】



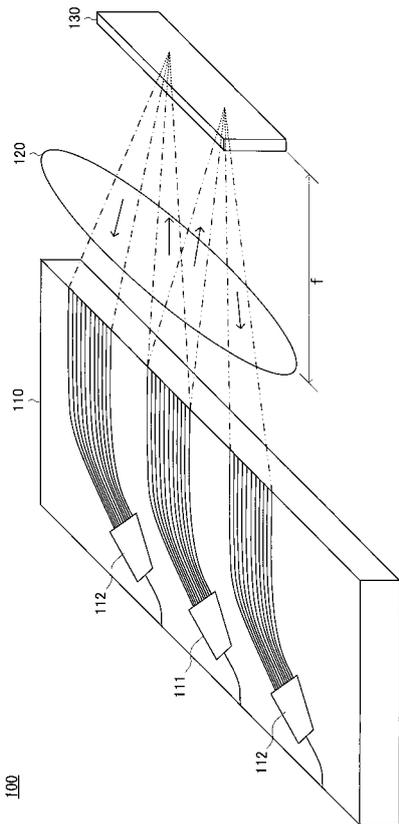
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

- (72)発明者 妹尾 和則
東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
- (72)発明者 小山 二三夫
東京都目黒区大岡山2-12-1 国立大学法人東京工業大学内
- (72)発明者 顧 曉冬
東京都目黒区大岡山2-12-1 国立大学法人東京工業大学内
- Fターム(参考) 2H141 MA23 MB24 MB61 ME01 ME06 MG01 MZ16