

(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2004-206057
(P2004-206057A)

(43) 公開日 平成16年7月22日(2004.7.22)

(51) Int.Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
GO2B 6/26	GO2B 6/26	2H037
GO2B 5/04	GO2B 5/04	2H042
GO2B 5/28	GO2B 5/28	2H048
GO2B 6/293	GO2B 6/28	B

審査請求 未請求 請求項の数 36 O L (全 60 頁)

(21) 出願番号	特願2003-176000 (P2003-176000)	(71) 出願人	000002945
(22) 出願日	平成15年6月20日 (2003.6.20)		オムロン株式会社
(31) 優先権主張番号	特願2002-319771 (P2002-319771)		京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町
(32) 優先日	平成14年11月1日 (2002.11.1)		801番地
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(74) 代理人	100094019
			弁理士 中野 雅房
		(72) 発明者	古澤 光一
			京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不
			動堂町801番地 オムロン株式会社内
		(72) 発明者	福田 一喜
			京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不
			動堂町801番地 オムロン株式会社内
		(72) 発明者	仲西 陽一
			京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不
			動堂町801番地 オムロン株式会社内
			最終頁に続く

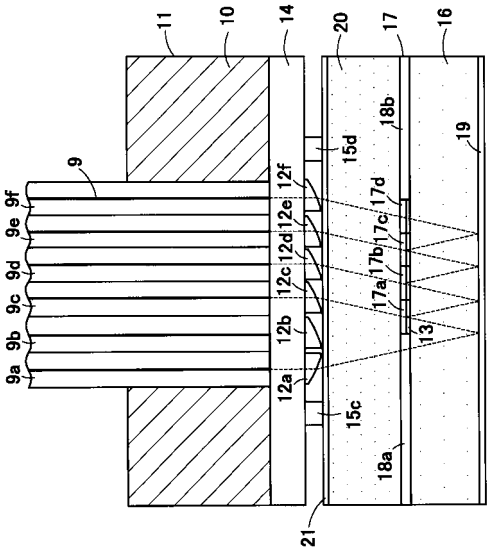
(54) 【発明の名称】 光合分波器及び光合分波器の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 多くの波長領域に分波し又は多くの波長領域の光を合波する多チャンネル型の小型で安価な光合分波器及び該光合分波器の製造方法を提供する。

【解決手段】 波長 1、 2、 3、 4 の光を多重した光は光ファイバ9 aから出射しマイクロレンズアレー14のマイクロレンズ12 aでその光軸を曲げられて平行光になり、ミラー層19で反射してフィルタ層17に入射する。フィルタ17 aは波長 1の光のみ透過するので、それ以外の波長の光は反射され、再びミラー層19で反射されてフィルタ層17に入射する。フィルタ17 aを透過した光はマイクロレンズ12 cで光軸を曲げられて光ファイバ9 cに結合する。光ファイバ9 c、 9 d、 9 e、 9 fの光出射端からはそれぞれ波長 1、 2、 3、 4の光を取り出すことができる。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

透過波長域が互いに異なる複数の波長選択素子と光反射面とを対向させることにより、光反射面と各波長選択素子との間で光を反射させながら導光すると共に波長の異なる光を合波又は分波させる導光手段を構成し、

複数の波長の光を伝送させるための伝送手段を、前記導光手段内を導光する複数の波長又は波長域の光に結合させ、

光軸方向が前記波長選択素子の配列方向にほぼ垂直となるようにして前記導光手段に対して前記伝送手段と同じ側に複数の光入出力手段を配置し、

前記各波長選択素子を透過した光の光軸方向をそれぞれ光入出力手段の光軸方向と平行に変換し、あるいは光入出力手段の光軸方向と平行な光をそれぞれ前記各波長選択素子を透過する光の光軸方向に変換させるための偏向素子を光入出力手段と前記各波長選択素子との間に設けたことを特徴とする光合分波器。 10

【請求項 2】

前記伝送手段と前記導光手段との間の光路途中に反射防止膜を設けたことを特徴とする、請求項 1 に記載の光合分波器。

【請求項 3】

光反射面と、該光反射面に平行な面内に配列された透過波長域が互いに異なる複数の波長選択素子とからなり、光反射面と各波長選択素子との間で光を反射させながら導光すると共に波長の異なる光を合波又は分波させる導光手段と、 20

複数の波長又は波長域の光を伝送させるための第 1 の光ファイバと、特定の波長又は波長域の光を伝送させるための複数の第 2 の光ファイバとが配列され、各光ファイバの光軸が前記波長選択素子を配列された面とほぼ垂直となるように配置された光ファイバアレイと、

前記第 1 の光ファイバ及び第 2 の光ファイバに対向させて配置された、透過する光の光軸方向を曲げるための 1 つ又は複数の偏向素子とを備え、

前記第 1 の光ファイバが、前記導光手段に斜めに入出射する複数の波長の光に前記偏向素子を介して結合され、前記第 2 の光ファイバが、前記導光手段に斜めに入出射する各波長の光にそれぞれ前記偏向素子を介して結合されていることを特徴とする光合分波器。 30

【請求項 4】

前記偏向素子は、前記光ファイバアレイの端面に接合一体化されていることを特徴とする、請求項 3 に記載の光合分波器。

【請求項 5】

前記導光手段、前記偏向素子および前記光ファイバアレイをケース内に納めて封止したことを特徴とする、請求項 3 に記載の光合分波器。

【請求項 6】

光反射面と、該光反射面に平行な面内に配列された透過波長域が互いに異なる複数の波長選択素子とからなり、光反射面と各波長選択素子との間で光を反射させながら導光すると共に波長の異なる光を合波又は分波させる導光手段と、 40

光軸が前記波長選択素子を配列された面とほぼ垂直となるように配置された、複数の波長の光を伝送させるための伝送手段と、

光軸が前記波長選択素子を配列された面とほぼ垂直となるように配置された、それぞれ特定の波長の光を出力する複数の発光素子と、

前記伝送手段及び前記発光素子に対向させて配置された、透過する光の光軸方向を曲げるための 1 つ又は複数の偏向素子とを備え、

前記伝送手段が、前記導光手段から斜めに出射する複数の波長の光に前記偏向素子を介して結合され、前記発光素子が、前記偏向素子を介して各波長の光を出射して前記導光手段に斜めに入射させていることを特徴とする光合分波器。

【請求項 7】

光反射面と、該光反射面に平行な面内に配列された透過波長が互いに異なる複数の波長選 50

択素子とからなり、光反射面と各波長選択素子との間で光を反射させながら導光すると共に波長の異なる光を合波又は分波させる導光手段と、
光軸が前記波長選択素子を配列された面とほぼ垂直となるように配置された、複数波長の光を伝送させるための伝送手段と、
光軸が前記波長選択素子を配列された面とほぼ垂直となるように配置された複数の受光素子と、
前記伝送手段及び前記受光素子に対向させて配置された、透過する光の光軸方向を曲げるための１つ又は複数の偏向素子とを備え、
前記伝送手段が、前記導光手段に斜めに入射する複数波長の光に前記偏向素子を介して結合され、前記受光素子が、前記導光手段から斜めに出射される各波長の光をそれぞれ前記偏向素子を介して受光していることを特徴とする光合分波器。

10

【請求項 8】

光反射面と、該光反射面に平行な面内に配列された透過波長が互いに異なる複数の波長選択素子とからなり、光反射面と各波長選択素子との間で光を反射させながら導光すると共に波長の異なる光を合波又は分波させる導光手段と、
光軸が前記波長選択素子を配列された面とほぼ垂直となるように配置された複数の光入力手段と、
光軸が前記波長選択素子を配列された面とほぼ垂直となるようにして、前記光入力手段とともに前記波長選択素子の配列方向に沿って配置された、複数波長の光を伝送させるための第 1 の伝送手段と、
光軸が前記波長選択素子を配列された面とほぼ垂直となるように配置された複数の光出力手段と、
光軸が前記波長選択素子を配列された面とほぼ垂直となるようにして、かつ、前記光入力手段及び前記第 1 の伝送手段の配列方向とほぼ平行となるようにして、前記光出力手段とともに前記波長選択素子の配列方向に沿って配置された、複数波長の光を伝送させるための第 2 の伝送手段と、
前記光入力手段及び前記第 1 の伝送手段に対向させて配置された、透過する光の光軸方向を曲げるための１つ又は複数の第 1 の偏向素子と、
前記光出力手段及び前記第 2 の伝送手段に対向させて配置された、透過する光の光軸方向を曲げるための１つ又は複数の第 2 の偏向素子とを備え、
前記光入力手段が、前記偏向素子を介してそれぞれ一組の複数波長の光のうち各波長の光を出射して前記導光手段に斜めに入射させ、前記第 1 の伝送手段が、前記導光手段から斜めに出射する前記一組の複数波長の光に前記偏向素子を介して結合され、
前記第 2 の伝送手段が、前記導光手段に斜めに入射する別な一組の複数波長の光に前記第 2 の偏向素子を介して結合され、前記光出力手段が、それぞれ前記導光手段から斜めに出射される前記別な一組の複数波長の光のうち各波長の光を前記第 2 の偏向素子を介して受光していることを特徴とする光合分波器。

20

30

【請求項 9】

前記一組の複数波長の光と前記別な一組の複数波長の光とは、複数の同一波長の光であって、
前記複数波長の光は、前記第 1 の伝送手段と前記光入力手段との間における光路長が長い順序で、前記第 2 の伝送手段と前記光出力手段との間における光路長が順次短くなっていることを特徴とする、請求項 8 に記載の光合分波器。

40

【請求項 10】

光反射面と、該光反射面に平行な面内に配列された透過波長が互いに異なる複数の第 1 の波長選択素子と、該光反射面に平行な面内に配列された透過波長が互いに異なる複数の第 2 の波長選択素子とからなり、光反射面と第 1 の各波長選択素子との間で光を反射させながら導光すると共に波長の異なる光を合波させ、また、光反射面と第 2 の各波長選択素子との間で光を反射させながら導光すると共に波長の異なる光を分波させる導光手段と、
複数波長の光を伝送させるための伝送手段と、

50

光軸が前記第 1 の波長選択素子を配列された面とほぼ垂直となるようにして、前記第 1 の波長選択素子の配列方向に沿って配置された複数の光入力手段と、
光軸が前記第 2 の波長選択素子を配列された面とほぼ垂直となるようにして、前記第 2 の波長選択素子の配列方向に沿って配置された複数の光出力手段と、
前記光入力手段に対向させて配置された、透過する光の光軸方向を曲げるための 1 つ又は複数の第 1 の偏向素子と、
前記光出力手段に対向させて配置された、透過する光の光軸方向を曲げるための 1 つ又は複数の第 2 の偏向素子と、
前記導光手段の光反射面と第 1 の波長選択素子との間で合波された一組の複数波長の光を前記伝送手段へ導いて前記伝送手段に結合させると共に、前記伝送手段を伝送されてきた別な一組の複数波長の光を前記導光手段の光反射面と第 2 の波長選択素子との間へ導いて導光させる光分岐手段とを備え、
前記光入力手段が、前記第 1 の偏向素子を介してそれぞれ一組の複数波長の光のうち各波長の光を出射して前記導光手段の第 1 の波長選択素子へ斜めに入射させ、
前記光出力手段が、それぞれ前記導光手段の第 2 の波長選択素子から斜めに出射される別な一組の複数波長の光のうち各波長の光を前記第 2 の偏向素子を介して受光していることを特徴とする光合分波器。

10

【請求項 1 1】

前記光分岐手段は、
前記伝送手段により送出される前記一組の複数波長の光と、前記伝送手段により送られてきた前記別な一組の複数波長の光とを合分波させるフィルタと、
前記導光手段の光反射面と第 1 の波長選択素子との間で合波された一組の複数波長の光を前記伝送手段へ導くための光ファイバやコア、プリズム、ミラー等の光伝達手段と、前記フィルタで分離された前記別な一組の複数波長の光を導光手段の第 2 の波長選択素子へ導くための光ファイバやコア、プリズム、ミラー等の光伝達手段とのうち少なくとも一方の光伝達手段とを備えた、請求項 1 0 に記載の光合分波器。

20

【請求項 1 2】

前記伝送手段が光ファイバによって構成され、前記光入力手段が発光素子によって構成され、前記光出力手段が受光素子によって構成されていることを特徴とする、請求項 1 0 に記載の光合分波器。

30

【請求項 1 3】

光反射面と、該光反射面に平行な面内に配列された透過波長が互いに異なる複数の第 1 の波長選択素子とからなり、光反射面と第 1 の各波長選択素子との間で光を反射させながら導光すると共に波長の異なる光を合波させる導光手段と、
前記導光手段の光反射面と反対側の面に対向させて、前記第 1 の波長選択素子とほぼ平行となるように配置された導光板と、
複数波長の光を伝送させるための伝送手段と、
光軸が前記導光板にほぼ垂直な方向を向くようにして、前記第 1 の波長選択素子の配列方向に沿って前記導光板の上に配置された複数の発光素子と、
光軸が前記導光にほぼ垂直な方向を向くようにして、前記導光板の上に配置された受光素子と、
前記発光素子に対向させて配置された、透過する光の光軸方向を曲げるための 1 つ又は複数の偏向素子と、
前記受光素子と前記導光板との間に設けられた、透過波長が互いに異なる複数の第 2 の波長選択素子と、
前記導光手段の光反射面と波長選択素子との間で合波された一組の複数波長の光を前記伝送手段へ導いて前記伝送手段に結合させると共に、前記伝送手段を伝送されてきた別な一組の複数波長の光を前記導光板へ導いて導光させる光分岐手段とを備え、
前記発光素子が、前記第 1 の偏向素子を介してそれぞれ一組の複数波長の光のうち各波長の光を出射して前記導光手段の第 1 の波長選択素子へ斜めに入射させ、

40

50

前記光出力手段が、それぞれ前記導光板内を導光する別な一組の複数波長の光のうち各波長の光を前記第 2 の偏向素子を介して受光していることを特徴とする光合分波器。

【請求項 14】

前記導光手段は、透明な基板の表面に前記各波長選択素子が形成され、前記透明な基板の裏面に前記光反射面が形成されたものであることを特徴とする、請求項 1、3、6、7、8、10 又は 13 に記載の光合分波器。

【請求項 15】

前記導光手段は、裏面に前記光反射面を形成された透明な第 1 の基板の上に、表面に前記各波長選択素子を複数並べられた透明な第 2 の基板を接合させたものであることを特徴とする、請求項 1、3、6、7、8、10 又は 13 に記載の光合分波器。

10

【請求項 16】

前記導光手段は、裏面に前記光反射面を形成された透明な第 1 の基板の上に、それぞれの表面に個々の前記波長選択素子を形成された複数の透明な第 2 の基板を並べて接合させたものであることを特徴とする、請求項 1、3、6、7、8、10 又は 13 に記載の光合分波器。

【請求項 17】

前記導光手段は、重ねられた一对の透明な基板の間に前記各波長選択素子が形成され、前記基板のうち裏面側に位置する基板の裏面に前記光反射面が形成されていることを特徴とする、請求項 1、3、6、7、8、10 又は 13 に記載の光合分波器。

【請求項 18】

20

前記導光手段の前記波長選択素子を形成されている面と前記偏向素子とを対向させ、前記導光手段と前記偏向素子との間にスペーサーを介在させたことを特徴とする、請求項 1、3、6、7、8、10 又は 13 に記載の光合分波器。

【請求項 19】

前記スペーサーは、前記偏向素子と一体成形されていることを特徴とする、請求項 18 に記載の光合分波器。

【請求項 20】

前記各波長選択素子の表面を保護層により被覆したことを特徴とする、請求項 1、3、6、7、8、10 又は 13 に記載の光合分波器。

【請求項 21】

30

一对の透明な基板の間に形成された光反射面と、両透明基板の外面に配列された透過波長が互いに異なる複数の波長選択素子とからなり、光反射面と各波長選択素子との間で光を反射させながら各透明基板内で導光する導光手段と、

光軸が一对の前記透明基板のうち一方の透明基板の前記波長選択素子を配列された面とほぼ垂直となるように配置された、複数の波長又は波長域の光を伝送させるための伝送手段と、

光軸が前記一方の透明基板の前記波長選択素子を配列された面とほぼ垂直となるようにして、前記導光手段に対して前記伝送手段と同じ側に配置された、複数の第 1 の光入出力手段と、

光軸が他方の透明基板の前記波長選択素子を配列された面とほぼ垂直となるようにして、前記導光手段に対して前記伝送手段と反対側に配置された、複数の第 2 の光入出力手段と

40

、前記伝送手段及び前記第 1 の光入出力手段に対向させて配置された、透過する光の光軸方向を曲げるための 1 つ又は複数の第 1 の偏向素子と、

前記第 2 の光入出力手段に対向させて配置された、透過する光の光軸方向を曲げるための 1 つ又は複数の第 2 の偏向素子とを備え、

前記伝送手段が、前記第 1 の偏向素子を介して前記導光手段の両透明基板内の複数波長の光に結合され、前記第 1 の光入出力手段が、前記第 1 の偏向素子を介して前記導光手段の一方の面に配列されている各波長選択素子を通して光と結合され、前記第 2 の光入出力手段が、前記第 2 の偏向素子を介して前記導光手段の他方の面に配列されている各波長選

50

択素子を通過する光と結合されていることを特徴とする光合分波器。

【請求項 2 2】

一对の透明な基板の間に形成された光反射面と、両透明基板の外面に配列された透過波長が互いに異なる複数の波長選択素子とからなり、光反射面と各波長選択素子との間で光を反射させながら各透明基板内で導光する導光手段と、

複数の波長又は波長域の光を伝送させるための第 1 の光ファイバと特定の波長又は波長域の光を伝送させるための複数の第 2 の光ファイバとが配列され、各光ファイバの光軸が一对の前記透明基板のうち一方の透明基板の前記波長選択素子を配列された面とほぼ垂直となるように配置された第 1 の光ファイバアレイと、

特定の波長又は波長域の光を伝送させるための複数の第 3 の光ファイバが配列され、各光ファイバの光軸が他方の透明基板の前記波長選択素子を配列された面とほぼ垂直となるように配置された第 2 の光ファイバアレイと、

前記第 1 の光ファイバ及び前記第 2 の光ファイバに対向させて配置された、透過する光の光軸方向を曲げるための 1 つ又は複数の第 1 の偏向素子と、

前記第 3 の光ファイバに対向させて配置された、透過する光の光軸方向を曲げるための 1 つ又は複数の第 2 の偏向素子とを備え、

前記第 1 の光ファイバが、前記第 1 の偏向素子を介して前記導光手段の両透明基板内の複数の波長の光に結合され、前記第 2 の光ファイバが、前記第 1 の偏向素子を介して前記導光手段の一方の面に配列されている各波長選択素子を通過する光と結合され、前記第 3 の光ファイバが、前記第 2 の偏向素子を介して前記導光手段の他方の面に配列されている各波長選択素子を通過する光と結合されていることを特徴とする光合分波器。

10

20

【請求項 2 3】

前記偏向素子は、その中心軸の回りに回転対称となっていないレンズによって構成されていることを特徴とする、請求項 1、3、6、7、8、10、13、21 又は 22 に記載の光合分波器。

【請求項 2 4】

前記偏向素子は、透過する光束の断面における中心が、その光軸からずれるように配置された球面レンズ、非球面レンズ又はアナモルフィックレンズによって構成されていることを特徴とする、請求項 1、3、6、7、8、10、13、21 又は 22 に記載の光合分波器。

30

【請求項 2 5】

前記偏向素子は、プリズム及びレンズによって構成されていることを特徴とする、請求項 1、3、6、7、8、10、13、21 又は 22 に記載の光合分波器。

【請求項 2 6】

前記プリズムが透明基板の一方の面に形成され、前記レンズが前記透明基板の他方の面に前記プリズムと対向するように設けられていることを特徴とする、請求項 2 5 に記載の光合分波器。

【請求項 2 7】

前記プリズムは前記導光手段の表面に一体に形成され、前記レンズが前記プリズムと対向する位置に配置されていることを特徴とする、請求項 2 5 に記載の光合分波器。

40

【請求項 2 8】

前記波長選択素子は、フィルタ又は回折素子によって構成されていることを特徴とする、請求項 1、3、6、7、8、10、13、21 又は 22 に記載の光合分波器。

【請求項 2 9】

光反射面と、該光反射面に平行な面内に配列された透過波長が互いに異なる複数の波長選択素子とからなり、光反射面と各波長選択素子との間で光を反射させながら導光すると共に複数の波長の光を合波又は分波する導光手段を備えた光合分波器の製造方法であって、前記導光手段は、

裏面に前記光反射面が形成される透明な基板上に、透過波長域が互いに異なる薄膜状の前記波長選択素子を複数並べて波長選択素子層を形成する工程と、

50

前記波長選択素子層の表面に透明な別の基板を接合させて前記一对の基板間に前記波長選択素子層を挟み込む工程と

により作製されることを特徴とする光合分波器の製造方法。

【請求項 3 0】

光反射面と、該光反射面に平行な面内に配列された透過波長が互いに異なる複数の波長選択素子とからなり、光反射面と各波長選択素子との間で光を反射させながら導光すると共に複数波長の光を合波又は分波する導光手段を備えた光合分波器の製造方法であって、透過波長域が互いに異なる薄膜状の前記波長選択素子を複数並べて構成された波長選択素子層を一对の親基板間に挟み込んで一体化した後、積層された親基板を断裁することによって複数の前記導光手段を作製されることを特徴とする光合分波器の製造方法。

10

【請求項 3 1】

光反射面と、該光反射面に平行な面内に配列された透過波長が互いに異なる複数の波長選択素子とからなり、光反射面と各波長選択素子との間で光を反射させながら導光すると共に複数波長の光を合波又は分波する導光手段を備えた光合分波器の製造方法であって、前記導光手段は、裏面に前記光反射面が形成される透明な基板上に、透過波長域が異なる薄膜状の前記波長選択素子を複数並べて波長選択素子層を形成する工程により作製されることを特徴とする光合分波器の製造方法。

【請求項 3 2】

光反射面と、該光反射面に平行な面内に配列された透過波長が互いに異なる複数の波長選択素子とからなり、光反射面と各波長選択素子との間で光を反射させながら導光すると共に複数波長の光を合波又は分波する導光手段を備えた光合分波器の製造方法であって、前記導光手段は、透過波長域が異なる薄膜状の前記各波長選択素子を透明な第 2 の基板の上に複数並べて波長選択素子層を形成する工程と、裏面に前記光反射面が形成される透明な第 1 の基板の上に、前記第 2 の基板を接合させる工程とにより作製されることを特徴とする光合分波器の製造方法。

20

【請求項 3 3】

光反射面と、該光反射面に平行な面内に配列された透過波長が互いに異なる複数の波長選択素子とからなり、光反射面と各波長選択素子との間で光を反射させながら導光すると共に複数波長の光を合波又は分波する導光手段を備えた光合分波器の製造方法であって、前記導光手段は、透過波長域が異なる薄膜状の前記各波長選択素子をそれぞれ複数の透明な第 2 の基板上に形成する工程と、裏面に前記光反射面が形成される透明な第 1 の基板の上に、透過波長域が異なる波長選択素子を有する複数の前記第 2 の基板を並べて接合させる工程とにより作製されることを特徴とする光合分波器の製造方法。

30

【請求項 3 4】

第 2 の基板上に波長選択素子を形成する前記工程においては、複数の親基板の上にそれぞれ透過波長域が異なる前記波長選択素子を形成し、それぞれの親基板を断裁することによって波長選択素子が形成された前記第 2 の基板を形成することを特徴とする、請求項 3 に記載の光合分波器の製造方法。

40

【請求項 3 5】

第 2 の基板上に波長選択素子を形成する前記工程においては、複数の親基板の上にそれぞれ透過波長域が異なる前記波長選択素子を形成し、これらの親基板を並べて一括して断裁することにより、透過波長域の異なる波長選択素子を形成された一組の第 2 の基板を形成することを特徴とする、請求項 3 に記載の光合分波器の製造方法。

【請求項 3 6】

裏面に光反射面を形成された第 1 の基板と、偏向素子となる複数のプリズムを表面に形成された第 2 の基板との間に、透過波長が互いに異なる複数の波長選択素子を挟み込まれ、

50

光反射面と各波長選択素子との間で光を反射させながら導光すると共に複数波長の光を合波又は分波する導光手段を備えた光合分波器の製造方法であって、
複数枚のプレートを重ね合わせ、重ねられたプレートの端面を重ね合わされた方向に対して傾斜するように平面状に加工する工程と、
前記プレートを再配列させることにより、傾斜した端面の並びによって複数の前記プリズムの反転パターンを構成する工程と、
前記再配列されたプレートを少なくとも成形金型の一部に用いて前記第2の基板の表面に前記プリズムを成形する工程と、
を備えた光合分波器の製造方法。

【発明の詳細な説明】

10

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、多チャンネルで小型の光合分波器と、該光合分波器の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、光ファイバケーブルを信号伝送媒体とする光通信が各家庭でも利用できるまで発達してきており、波長の異なる光信号を多重化して一本の光ファイバで伝送する波長多重伝送方式を利用した通信網の拡大が進んでいる。これに伴って、波長の異なる複数の光を多重化したり、波長多重化された光を各波長ごとに分波する光合分波器を小型化し、且つ、低コストで大量生産することが望まれている。

20

【0003】

図1は、従来例（例えば、特許文献1）による光分波器1の構成を示す概略側面図である。図1に示す光分波器1は、ボールレンズ4及び光ファイバ2a、2b、2c、2d、2eを一体化して平行に並べた5本のコリメータ3a、3b、3c、3d、3eと、互いに平行な2つの面6a、6c及びこれに直交する面6bを備えたガラス体6と、ガラス体6の面6a上に並列に配置され、それぞれ特定の波長1、2、3、4の帯域の光のみを透過する干渉膜フィルタ5a、5b、5c、5dと、ガラス体6の面6cに密着した反射ミラー7とから構成されている。

【0004】

この光分波器1では、コリメータ3aから出射されてガラス体6に入射した光ビーム（波長1、2、3、4を多重化した光）は、ガラス体6の面6bで全反射し、さらに面6c（反射ミラー7）で全反射して、干渉膜フィルタ5aに入射する。この干渉膜フィルタ5aを透過した波長1の光は、コリメータ3bに入射するので、光ファイバ2bの光出射端からは波長1の光を取り出すことができる。また、干渉膜フィルタ5aで反射した波長2、3、4の光は、さらに反射ミラー7で全反射して、干渉膜フィルタ5bに入射し、干渉膜フィルタ5bを透過した波長2の光がコリメータ3cに入射する。このように干渉膜フィルタ5a～5cと反射ミラー7とで反射を繰り返しながら分波が進み、干渉膜フィルタ5a、5b、5c、5dを透過した波長1、2、3、4の光を、それぞれ光ファイバ2b、2c、2d、2eの光出射端から取り出すことができる。

30

【0005】

しかしながら、図1に示す光分波器1では、コリメータ3aから出射した光をガラス体6の面6aに向けて斜めに入射させなければならないので、分波する波長の数（あるいは、光ファイバの本数）が増えるほどコリメータ3aからガラス体の面6aまでの間隔が長くなり、光分波器1が大型化する問題があった。また、コリメータ3a～3eとガラス体6の設置位置を定めたり、複数の干渉膜フィルタ5a～5dを一枚ずつ精度良くガラス体6に貼り付けたり、反射ミラー7を精度良くガラス体6に形成する、といった製造工程が煩雑であったため、生産効率を向上させることができず、コストを低減させることが難しかった。

40

【0006】

【特許文献1】特開昭60-184215号公報

50

【 0 0 0 7 】

【 発明の開示 】

本発明は上記従来例の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、複数の波長又は波長域の光に分波し又は複数の波長または波長域の光を合波する複数チャネル型の、小型で安価な光合分波器及び該光合分波器の製造方法を提供することにある。

【 0 0 0 8 】

本発明の第 1 の光合分波器は、透過波長域が互いに異なる複数の波長選択素子と光反射面とを対向させることにより、光反射面と各波長選択素子との間で光を反射させながら導光すると共に波長の異なる光を合波又は分波させる導光手段を構成し、複数波長の光を伝送させるための伝送手段を、前記導光手段内を導光する複数の波長又は波長域の光に結合させ、光軸方向が前記波長選択素子の配列方向にほぼ垂直となるようにして前記導光手段に対して前記伝送手段と同じ側に複数の光入出力手段を配置し、前記各波長選択素子を透過した光の光軸方向をそれぞれ光入出力手段の光軸方向と平行に変換し、あるいは光入出力手段の光軸方向と平行な光をそれぞれ前記各波長選択素子を透過する光の光軸方向に変換させるための偏向素子を光入出力手段と前記各波長選択素子との間に設けたことを特徴としている。

10

【 0 0 0 9 】

ここで、伝送手段としては、例えば光ファイバや光導波路等を用いることができる。また、光入出力手段としては、光ファイバ、光導波路、半導体レーザー素子等の発光素子、フォトダイオード等の受光素子などが用いられる。波長選択素子としては、フィルタ、回折格子やCGH素子等の回折素子などを用いることができる。また、偏向素子としては、その中心軸の回りに回転対称となっていないレンズによって構成してもよく、透過する光束の断面における中心が、その光軸からずれるように配置された球面レンズや非球面レンズ、アナモルフィックレンズによって構成してもよく、あるいは、プリズム及びレンズによって構成してもよく、あるいはミラーとレンズによって構成してもよい。なお、この明細書においては、光の光軸方向とは光束の断面中心を通過する光の進む方向をいうものとする。

20

【 0 0 1 0 】

本発明の第 1 の光合分波器は、光入出力手段と各波長選択素子との間に設けた偏向素子を用いて、各波長選択素子を透過する光の光軸をそれぞれ光入出力手段の光軸に変換し、あるいは光入出力手段の光軸をそれぞれ各波長選択素子を透過する光の光軸に変換させるようにしているので、光入出力手段の光軸方向が波長選択素子の配列方向にほぼ垂直となるようにして導光手段に対して伝送手段と同じ側に複数の光入出力手段を配置することができる。よって、光合分波器により分波または合波しようとする波長又は波長域の数が増えても、光合分波器が大型化しにくくなる。

30

【 0 0 1 1 】

本発明の第 1 の光合分波器の実施態様においては、前記伝送手段と前記導光手段との間の光路途中に反射防止膜を設けている。よって、光合分波器を分波器として使用する際に、伝送手段から出射した光の前記導光手段の表面での反射によるロスを低減させることができる。この反射防止膜は、その表面と前記各波長選択素子の表面とが面一になるように前記各波長選択素子と並列に配置してもよく、また、フィルタの上に重ねるように配置してもよい。

40

【 0 0 1 2 】

本発明の第 2 の光合分波器は、光反射面と、該光反射面に平行な面内に配列された透過波長域が互いに異なる複数の波長選択素子とからなり、光反射面と各波長選択素子との間で光を反射させながら導光すると共に波長の異なる光を合波又は分波させる導光手段と、複数の波長又は波長域の光を伝送させるための第 1 の光ファイバと、特定の波長又は波長域の光を伝送させるための複数本の第 2 の光ファイバとが配列され、各光ファイバの光軸が前記波長選択素子を配列された面とほぼ垂直となるように配置された光ファイバアレイと、前記第 1 の光ファイバ及び第 2 の光ファイバに対向させて配置された、透過する光の光

50

軸方向を曲げるための１つ又は複数の偏向素子とを備え、前記第１の光ファイバが、前記導光手段に斜めに入出射する複数波長の光に前記偏向素子を介して結合され、前記第２の光ファイバが、前記導光手段に斜めに入出射する各波長の光にそれぞれ前記偏向素子を介して結合されていることを特徴としている。

【００１３】

ここで、波長選択素子としては、フィルタ、回折格子やＣＧＨ素子等の回折素子などを用いることができる。また、偏向素子としては、その中心軸の回りに回転対称となっていないレンズによって構成してもよく、透過する光束の断面における中心が、その光軸からずれるように配置された球面レンズ、非球面レンズ、アナモルフィックレンズによって構成してもよく、あるいは、プリズム及びレンズによって構成してもよく、あるいはミラーとレンズによって構成してもよい。

10

【００１４】

本発明の第２の光合分波器は、第１の光ファイバで複数波長の光を伝送させて偏向素子に入射させ、該偏向素子で光の光軸方向を曲げて導光手段に向けて斜めに光を出射させ、前記導光手段の波長選択素子と光反射面とで光を反射させながら波長選択素子を透過した各波長の光をそれぞれ前記偏向素子に入射させ、該偏向素子を透過した異なる波長の光を第２の各光ファイバに入射させて伝送することによって分波した光を取り出すことができる。

【００１５】

また、本発明の第２の光合分波器を合波器として用いるには、前記第２の各光ファイバで波長の異なる光を伝送して前記偏向素子に入射させ、偏向素子を透過した光を導光手段に斜めに入射させて、光反射面と波長選択素子とで反射させながら合波し、合波した光を前記偏向素子を透過させることにより曲げて第１の光ファイバに入射させることによって第１の光ファイバから合波した光を取り出すことができる。

20

【００１６】

本発明の第２の光合分波器は、第１の光ファイバと第２の光ファイバとを平行に並べてなる光ファイバアレイを備えており、第２の光ファイバだけでなく第１の光ファイバの光軸も前記波長選択素子と垂直に配置されるため、光合分波器をより小型化することができる。

【００１７】

本発明の第２の光合分波器の実施態様における前記偏向素子は、前記光ファイバアレイの端面に接合一体化されている。このように偏向素子があらかじめ光ファイバアレイに一体化されていれば、光合分波器の組み立てが容易になる。

30

【００１８】

本発明の第２の光合分波器の別な実施態様においては、前記導光手段、前記偏向素子および前記光ファイバアレイをケース内に納めて封止している。このように、光合分波器をケース内に納めて封止しておけば、特にフィルタ等の波長選択素子を湿気から保護することができるので耐久性が向上する。

【００１９】

本発明の第３の光合分波器は、光反射面と、該光反射面に平行な面内に配列された透過波長域が互いに異なる複数の波長選択素子とからなり、光反射面と各波長選択素子との間で光を反射させながら導光すると共に波長の異なる光を合波又は分波させる導光手段と、光軸が前記波長選択素子を配列された面とほぼ垂直となるように配置された、複数波長の光を伝送させるための伝送手段と、光軸が前記波長選択素子を配列された面とほぼ垂直となるように配置された、それぞれ特定の波長の光を出力する複数の発光素子と、前記伝送手段及び前記発光素子に対向させて配置された、透過する光の光軸方向を曲げるための１つ又は複数の偏向素子とを備え、前記伝送手段が、前記導光手段から斜めに出射する複数波長の光に前記偏向素子を介して結合され、前記発光素子が、前記偏向素子を介して各波長の光を出射して前記導光手段に斜めに入射させていることを特徴としている。

40

【００２０】

50

ここで、伝送手段としては、例えば光ファイバや光導波路を用いることができる。波長選択素子としては、フィルタ、回折格子やCGH素子等の回折素子などを用いることができる。また、偏向素子としては、その中心軸の回りに回転対称となっていないレンズによって構成してもよく、透過する光束の断面における中心が、その光軸からずれるように配置された直進レンズによって構成してもよく、あるいは、プリズム及びレンズによって構成してもよく、あるいはミラーとレンズによって構成してもよい。

【0021】

本発明の第3の光合分波器にあっては、発光素子から波長の異なる光を出射させて前記偏向素子に入射させ、該偏向素子を透過して曲げられた光を導光手段に斜めに入射させて、光反射面と波長選択素子とで反射させながら合波し、該合波した光を前記偏向素子を透過させることによって曲げて伝送手段に入射させ、伝送手段から合波した光を取り出すことができる。

10

【0022】

本発明の第3の光合分波器は、伝送手段と各発光素子とを平行に並べることができるので、発光素子だけでなく伝送手段の光軸も前記波長選択素子と垂直に配置することができる。光合分波器を小型化することができる。

【0023】

本発明の第4の光合分波器は、光反射面と、該光反射面に平行な面内に配列された透過波長が互いに異なる複数の波長選択素子とからなり、光反射面と各波長選択素子との間で光を反射させながら導光すると共に波長の異なる光を合波又は分波させる導光手段と、光軸が前記波長選択素子を配列された面とほぼ垂直となるように配置された、複数波長の光を伝送させるための伝送手段と、光軸が前記波長選択素子を配列された面とほぼ垂直となるように配置された複数の受光素子と、前記伝送手段及び前記受光素子に対向させて配置された、透過する光の光軸方向を曲げるための1つ又は複数の偏向素子とを備え、前記伝送手段が、前記導光手段に斜めに入射する複数波長の光に前記偏向素子を介して結合され、前記受光素子が、前記導光手段から斜めに出射される各波長の光をそれぞれ前記偏向素子を介して受光していることを特徴としている。

20

【0024】

ここで、伝送手段としては、例えば光ファイバや光導波路を用いることができる。波長選択素子としては、フィルタ、回折格子やCGH素子等の回折素子などを用いることができる。また、偏向素子としては、その中心軸の回りに回転対称となっていないレンズによって構成してもよく、透過する光束の断面における中心が、その光軸からずれるように配置された直進レンズによって構成してもよく、あるいは、プリズム及びレンズによって構成してもよく、あるいはミラーとレンズによって構成してもよい。

30

【0025】

本発明の第4の光合分波器は、前記伝送手段で複数波長の光を伝送させて前記偏向素子に入射させ、偏向素子で曲げることによって導光手段に向けて斜めに光を出射させ、前記導光手段の波長選択素子と光反射面とで光を反射させながら波長選択素子を透過した各波長の光を分波させ、各波長の光を偏向素子に入射させて曲げ、偏向素子を透過した光を各受光素子で受光させて伝送することによって分波した光を取り出すことができる。

40

【0026】

本発明の第4の光合分波器は、前記伝送手段と受光素子を平行に並べることができるので、前記受光素子だけでなく伝送手段の光軸も前記波長選択素子と垂直に配置でき、光合分波器を小型化することができる。

【0027】

本発明の第5の光合分波器は、光反射面と、該光反射面に平行な面内に配列された透過波長が互いに異なる複数の波長選択素子とからなり、光反射面と各波長選択素子との間で光を反射させながら導光すると共に波長の異なる光を合波又は分波させる導光手段と、光軸が前記波長選択素子を配列された面とほぼ垂直となるように配置された複数の光入力手段と、光軸が前記波長選択素子を配列された面とほぼ垂直となるようにして、前記光入力手

50

段とともに前記波長選択素子の配列方向に沿って配置された、複数波長の光を伝送させるための第1の伝送手段と、光軸が前記波長選択素子を配列された面とほぼ垂直となるように配置された複数の光出力手段と、光軸が前記波長選択素子を配列された面とほぼ垂直となるようにして、かつ、前記光入力手段及び前記第1の伝送手段の配列方向とほぼ平行となるようにして、前記光出力手段とともに前記波長選択素子の配列方向に沿って配置された、複数波長の光を伝送させるための第2の伝送手段と、前記光入力手段及び前記第1の伝送手段に対向させて配置された、透過する光の光軸方向を曲げるための1つ又は複数の第1の偏向素子と、前記光出力手段及び前記第2の伝送手段に対向させて配置された、透過する光の光軸方向を曲げるための1つ又は複数の第2の偏向素子とを備え、前記光入力手段が、前記偏向素子を介してそれぞれ一組の複数波長の光のうち各波長の光を出射して前記導光手段に斜めに入射させ、前記第1の伝送手段が、前記導光手段から斜めに出射する前記一組の複数波長の光に前記偏向素子を介して結合され、前記第2の伝送手段が、前記導光手段に斜めに入射する別な一組の複数波長の光に前記第2の偏向素子を介して結合され、前記光出力手段が、それぞれ前記導光手段から斜めに出射される前記別な一組の複数波長の光のうち各波長の光を前記第2の偏向素子を介して受光していることを特徴としている。

10

【0028】

ここで、伝送手段としては、例えば光ファイバや光導波路を用いることができる。光入力手段としては、光ファイバ、半導体レーザー素子などを用いることができる。光出力手段としては、光ファイバ、フォトダイオード等を用いることができる。波長選択素子としては、フィルタ、回折格子やCGH素子等の回折素子などを用いることができる。また、偏向素子としては、その中心軸の回りに回転対称となっていないレンズによって構成してもよく、透過する光束の断面における中心が、その光軸からずれるように配置された直進レンズによって構成してもよく、あるいは、プリズム及びレンズによって構成してもよく、あるいはミラーとレンズによって構成してもよい。

20

【0029】

本発明の第5の光合分波器にあっては、前記各光入力手段から出射された光を第1の偏向素子で曲げて導光手段に斜めに入射させ、導光手段で合波された複数波長の光を導光手段から斜めに出射させ、導光手段から出射した複数波長の光を第1の偏向素子で曲げて第1の伝送手段に結合させ、合波された複数波長の光を第1の伝送手段で伝送させることができる。また、第2の伝送手段により伝送されてきた複数波長の光を第2の伝送手段から出射させ、この光を第2の偏向素子で曲げて導光手段に斜めに入射させ、導光手段で分波された各波長の光を導光手段から斜めに出射させ、導光手段から出射した各波長の光を第2の偏向素子で曲げてそれぞれの光出力手段に受光させることができる。

30

【0030】

本発明の第5の光合分波器は、光入力手段、光出力手段、第1及び第2の伝送手段を平行に並べることができるので、光入力手段、光出力手段、第1及び第2の伝送手段の各光軸を前記波長選択素子と垂直に配置でき、光合分波器を小型化することができる。また、この光合分波器によれば、合波側と分波側とで波長選択素子を共用することができるので、光合分波器の構造が単純化され、また、その製造工程も簡略化される。

40

【0031】

本発明の第5の光合分波器の実施態様においては、前記一組の複数波長の光と前記別な一組の複数波長の光とは、複数の同一波長の光であって、前記複数波長の光は、前記第1の伝送手段と前記光入力手段との間における光路長が長い順序で、前記第2の伝送手段と前記光出力手段との間における光路長が順次短くなっている。このような実施態様によれば、一方の光伝送手段の第1の伝送手段と他方の光伝送手段の第2の伝送手段とを結び、一方の光伝送手段の第2の伝送手段と他方の光伝送手段の第1の伝送手段とを結ぶようにして2つの光合分波器を接続したとき、両光合分波器間における光路長（伝送距離）が光の波長によらず均一化されるので、波長によって挿入損失がばらつきにくくなる。

【0032】

50

本発明の第6の光合分波器は、光反射面と、該光反射面に平行な面内に配列された透過波長が互いに異なる複数の第1の波長選択素子と、該光反射面に平行な面内に配列された透過波長が互いに異なる複数の第2の波長選択素子とからなり、光反射面と第1の各波長選択素子との間で光を反射させながら導光すると共に波長の異なる光を合波させ、また、光反射面と第2の各波長選択素子との間で光を反射させながら導光すると共に波長の異なる光を分波させる導光手段と、複数波長の光を伝送させるための伝送手段と、光軸が前記第1の波長選択素子を配列された面とほぼ垂直となるようにして、前記第1の波長選択素子の配列方向に沿って配置された複数の光入力手段と、光軸が前記第2の波長選択素子を配列された面とほぼ垂直となるようにして、前記第2の波長選択素子の配列方向に沿って配置された複数の光出力手段と、前記光入力手段に対向させて配置された、透過する光の光軸方向を曲げるための1つ又は複数の第1の偏向素子と、前記光出力手段に対向させて配置された、透過する光の光軸方向を曲げるための1つ又は複数の第2の偏向素子と、前記導光手段の光反射面と第1の波長選択素子との間で合波された一組の複数波長の光を前記伝送手段へ導いて前記伝送手段に結合させると共に、前記伝送手段を伝送されてきた別な一組の複数波長の光を前記導光手段の光反射面と第2の波長選択素子との間へ導いて導光させる光分岐手段とを備え、前記光入力手段が、前記第1の偏向素子を介してそれぞれ一組の複数波長の光のうち各波長の光を出射して前記導光手段の第1の波長選択素子へ斜めに入射させ、前記光出力手段が、それぞれ前記導光手段の第2の波長選択素子から斜めに出射される別な一組の複数波長の光のうち各波長の光を前記第2の偏向素子を介して受光していることを特徴としている。

10

20

【0033】

ここで、伝送手段としては、例えば光ファイバや光導波路を用いることができる。光入力手段としては、光ファイバ、半導体レーザー素子などを用いることができる。光出力手段としては、光ファイバ、フォトダイオード等を用いることができる。波長選択素子としては、フィルタ、回折格子やCGH素子等の回折素子などを用いることができる。また、偏向素子としては、その中心軸の回りに回転対称となっていないレンズによって構成してもよく、透過する光束の断面における中心が、その光軸からずれるように配置された直進レンズによって構成してもよく、あるいは、プリズム及びレンズによって構成してもよく、あるいはミラーとレンズによって構成してもよい。

【0034】

本発明の第6の光合分波器にあっては、前記各光入力手段から出射された光を第1の偏向素子で曲げて導光手段に斜めに入射させ、第1の波長選択素子により導光手段で合波された複数波長の光を導光手段から斜めに出射させ、導光手段から出射した複数波長の光を第1の偏向素子で曲げて伝送手段に結合させ、合波された複数波長の光を伝送手段で伝送させることができる。また、伝送手段により伝送されてきた複数波長の光を伝送手段から出射させ、この光を第2の偏向素子で曲げて導光手段に斜めに入射させ、第2の波長選択素子により導光手段で分波された各波長の光を導光手段から斜めに出射させ、導光手段から出射した各波長の光を第2の偏向素子で曲げてそれぞれの光出力手段に受光させることができる。

30

【0035】

本発明の第6の光合分波器は、光入力手段、光出力手段、伝送手段を平行に並べることができるので、光入力手段、光出力手段、伝送手段の各光軸を前記波長選択素子と垂直に配置でき、光合分波器を小型化することができる。また、この光合分波器によれば、1本の伝送手段によって光信号を送受信できるので、2つの光合分波器を接続する際の施工作業が簡略化される。

40

【0036】

本発明の第6の光合分波器の実施態様における前記光分岐手段は、前記伝送手段により送出される前記一組の複数波長の光と、前記伝送手段により送られてきた前記別な一組の複数波長の光とを合分波させるフィルタと、前記導光手段の光反射面と第1の波長選択素子との間で合波された一組の複数波長の光を前記伝送手段へ導くための光ファイバやコア、

50

プリズム、ミラー等の光伝達手段と、前記フィルタで分離された前記別な一組の複数波長の光を導光手段の第2の波長選択素子へ導くための光ファイバやコア、プリズム、ミラー等の光伝達手段とのうち少なくとも一方の光伝達手段とを備えたものである。このような実施態様によれば、伝送手段を通じて送受信される光信号をフィルタによって分離させた後、分離された光信号の少なくとも一方を光ファイバやコア、プリズム、ミラー等の光伝達手段を用いて所望の箇所へ導くことができるので、伝送手段を容易に1本化することができる。

【0037】

本発明の第6の光合分波器の別な実施態様においては、前記伝送手段が光ファイバによって構成され、前記光入力手段が発光素子によって構成され、前記光出力手段が受光素子によって構成されていてもよい。このような実施態様によれば、発光素子及び受光素子を内蔵したトランスポンダを製作することができる。

10

【0038】

本発明の第7の光合分波器は、光反射面と、該光反射面に平行な面内に配列された透過波長が互いに異なる複数の第1の波長選択素子とからなり、光反射面と第1の各波長選択素子との間で光を反射させながら導光すると共に波長の異なる光を合波させる導光手段と、前記導光手段の光反射面と反対側の面に対向させて、前記第1の波長選択素子とほぼ平行となるように配置された導光板と、複数波長の光を伝送させるための伝送手段と、光軸が前記導光板にほぼ垂直な方向を向くようにして、前記第1の波長選択素子の配列方向に沿って前記導光板の上に配置された複数の発光素子と、光軸が前記導光にほぼ垂直な方向を向くようにして、前記導光板の上に配置された受光素子と、前記発光素子に対向させて配置された、透過する光の光軸方向を曲げるための1つ又は複数の偏向素子と、前記受光素子と前記導光板との間に設けられた、透過波長が互いに異なる複数の第2の波長選択素子と、前記導光手段の光反射面と波長選択素子との間で合波された一組の複数波長の光を前記伝送手段へ導いて前記伝送手段に結合させると共に、前記伝送手段を伝送されてきた別な一組の複数波長の光を前記導光板へ導いて導光させる光分岐手段とを備え、前記発光素子が、前記第1の偏向素子を介してそれぞれ一組の複数波長の光のうち各波長の光を出射して前記導光手段の第1の波長選択素子へ斜めに入射させ、前記光出力手段が、それぞれ前記導光板内を導光する別な一組の複数波長の光のうち各波長の光を前記第2の偏向素子を介して受光していることを特徴としている。

20

30

【0039】

ここで、伝送手段としては、例えば光ファイバや光導波路を用いることができる。波長選択素子としては、フィルタ、回折格子やCGH素子等の回折素子などを用いることができる。また、偏向素子としては、その中心軸の回りに回転対称となっていないレンズによって構成してもよく、透過する光束の断面における中心が、その光軸からずれるように配置された直進レンズによって構成してもよく、あるいは、プリズム及びレンズによって構成してもよく、あるいはミラーとレンズによって構成してもよい。

【0040】

本発明の第7の光合分波器にあっては、発光素子から出射された光を偏向素子で曲げて導光手段に斜めに入射させ、第1の波長選択素子により導光手段で合波された複数波長の光を導光手段から斜めに出射させ、導光手段から出射した複数波長の光を伝送手段に結合させ、合波された複数波長の光を伝送手段で伝送させることができる。また、伝送手段により伝送されてきた複数波長の光を伝送手段から出射させ、この光を光分岐手段で分離させて導光板内に導き、各波長の光を第2の波長選択素子により分波させて導光板から出射させ、導光板から出射した各波長の光を受光素子で受光させることができる。

40

【0041】

本発明の第7の光合分波器は、光入力手段と光出力手段を導光板と垂直にして導光板上に並べて配置することができるので、また、この光合分波器によれば、導光板を用いて光を受光素子へ導いているので、光合分波器を小型化することができる。

【0042】

50

本発明の第 1 ~ 7 の光合分波器の実施態様における前記導光手段は、透明な基板の表面に前記各波長選択素子が形成され、前記透明な基板の裏面に前記光反射面が形成されたものである。この実施態様によれば、前記導光手段に用いる基板が一層（一枚）だけなので導光手段を薄くすることができ、光合分波器を小型化することができる。

【0043】

本発明の第 1 ~ 7 の光合分波器の別な実施態様における前記導光手段は、前記導光手段が、裏面に前記光反射面を形成された透明な第 1 の基板の上に、表面に前記各波長選択素子を複数並べられた透明な第 2 の基板を接合させたものである。この実施態様によれば、第 1 の基板と第 2 の基板とを別々に製造して透明な接着剤で接着するなどして接合するので、光合分波器の導光手段の製造が容易になる。

10

【0044】

本発明の第 1 ~ 7 の光合分波器のさらに別な実施態様における前記導光手段は、裏面に前記光反射面を形成された透明な第 1 の基板の上に、それぞれの表面に個々の前記波長選択素子を形成された複数の透明な第 2 の基板を並べて接合させたものである。この実施態様のように、それぞれ特定の波長又は波長域を透過する波長選択素子を表面に形成した第 2 の基板を透過波長毎に並べて第 1 の基板上に透明な接着剤で接着するなどして接合すれば、光合分波器の導光手段の製造工程が容易になる。

【0045】

本発明の第 1 ~ 7 の光合分波器のさらに別な実施態様における前記導光手段は、重ねられた一对の透明な基板の間に前記各波長選択素子が形成され、前記基板のうち裏面側に位置する基板の裏面に前記光反射面が形成されている。この実施態様によれば、2 枚の透明基板の厚みを調整することで、第 1 の光ファイバと第 2 の光ファイバ間の間隔と第 2 の光ファイバどうしの間の間隔や、伝送手段と発光素子間の間隔と発光素子間の間隔や、伝送手段と受光素子間の間隔と受光素子間の間隔を調整できるので、光合分波器の導光手段内での光路を正確に設計することができる。

20

【0046】

本発明の第 1 ~ 7 の光合分波器のさらに別な実施態様においては、前記導光手段の前記波長選択素子を形成されている面と前記偏向素子とを対向させ、前記導光手段と前記偏向素子との間にスペーサーを介在させている。この実施態様では、一定厚みのスペーサーを介在させるだけで偏向素子と光反射面との距離を一定に保つことができるので、偏向素子と伝送手段や光入出力手段等との間隔を調整する手間が省け、光合分波器の製造が容易になる。また、スペーサーを前記偏向素子と一体成形しておけば、波長選択素子と偏向素子との高さ方向の位置精度をさらに向上させることができる。

30

【0047】

本発明の第 1 ~ 7 の光合分波器のさらに別な実施態様においては、前記各波長選択素子の表面を保護層により被覆している。保護層で被覆することによって、湿気等によるフィルタ等の波長選択素子の特性変化や、傷や汚れの付着を防止することができる。

【0048】

本発明の第 8 の光合分波器は、一对の透明な基板の間に形成された光反射面と、両透明基板の外面に配列された透過波長が互いに異なる複数の波長選択素子とからなり、光反射面と各波長選択素子との間で光を反射させながら各透明基板内で導光する導光手段と、光軸が一对の前記透明基板のうち一方の透明基板の前記波長選択素子を配列された面とほぼ垂直となるように配置された、複数の波長又は波長域の光を伝送させるための伝送手段と、光軸が前記一方の透明基板の前記波長選択素子を配列された面とほぼ垂直となるようにして、前記導光手段に対して前記伝送手段と同じ側に配置された、複数の第 1 の光入出力手段と、光軸が他方の透明基板の前記波長選択素子を配列された面とほぼ垂直となるようにして、前記導光手段に対して前記伝送手段と反対側に配置された、複数の第 2 の光入出力手段と、前記伝送手段及び前記第 1 の光入出力手段に対向させて配置された、透過する光の光軸方向を曲げるための 1 つ又は複数の第 1 の偏向素子と、前記第 2 の光入出力手段に対向させて配置された、透過する光の光軸方向を曲げるための 1 つ又は複数の第 2 の偏向

40

50

素子とを備え、前記伝送手段が、前記第1の偏向素子を介して前記導光手段の両透明基板内の複数波長の光に結合され、前記第1の光入出力手段が、前記第1の偏向素子を介して前記導光手段の一方の面に配列されている各波長選択素子を通過する光と結合され、前記第2の光入出力手段が、前記第2の偏光素子を介して前記導光手段の他方の面に配列されている各波長選択素子を通過する光と結合されていることを特徴としている。

【0049】

ここで、伝送手段としては、例えば光ファイバや光導波路を用いることができる。光入出力手段としては、光ファイバ、光伝送路、半導体レーザー素子、フォトダイオード等を用いることができる。波長選択素子としては、フィルタ、回折格子やCGH素子等の回折素子などを用いることができる。また、偏向素子としては、その中心軸の回りに回転対称となっていないレンズによって構成してもよく、透過する光束の断面における中心が、その光軸からずれるように配置された直進レンズによって構成してもよく、あるいは、プリズム及びレンズによって構成してもよく、あるいはミラーとレンズによって構成してもよい。

10

【0050】

本発明の第8の光合分波器によれば、本発明にかかる光合分波器2台を光反射面を共有するように対向に配置したような構造の光合分波器となる。この光合分波器は、分波又は合波する光の波長又は波長域の数が増えても小型の光合分波器にすることができる。

【0051】

本発明の第9の光合分波器は、一对の透明な基板の間に形成された光反射面と、両透明基板の外面に配列された透過波長が互いに異なる複数の波長選択素子とからなり、光反射面と各波長選択素子との間で光を反射させながら各透明基板内で導光する導光手段と、複数の波長又は波長域の光を伝送させるための第1の光ファイバと特定の波長又は波長域の光を伝送させるための複数本の第2の光ファイバとが配列され、各光ファイバの光軸が一对の前記透明基板のうち一方の透明基板の前記波長選択素子を配列された面とほぼ垂直となるように配置された第1の光ファイバアレイと、特定の波長又は波長域の光を伝送させるための複数本の第3の光ファイバが配列され、各光ファイバの光軸が他方の透明基板の前記波長選択素子を配列された面とほぼ垂直となるように配置された第2の光ファイバアレイと、前記第1の光ファイバ及び前記第2の光ファイバに対向させて配置された、透過する光の光軸方向を曲げるための1つ又は複数の第1の偏向素子と、前記第3の光ファイバに対向させて配置された、透過する光の光軸方向を曲げるための1つ又は複数の第2の偏向素子とを備え、前記第1の光ファイバが、前記第1の偏向素子を介して前記導光手段の両透明基板内の複数波長の光に結合され、前記第2の光ファイバが、前記第1の偏向素子を介して前記導光手段の一方の面に配列されている各波長選択素子を通過する光と結合され、前記第3の光ファイバが、前記第2の偏光素子を介して前記導光手段の他方の面に配列されている各波長選択素子を通過する光と結合されていることを特徴としている。

20

30

【0052】

ここで、波長選択素子としては、フィルタ、回折格子やCGH素子等の回折素子などを用いることができる。また、偏向素子としては、その中心軸の回りに回転対称となっていないレンズによって構成してもよく、透過する光束の断面における中心が、その光軸からずれるように配置された直進レンズによって構成してもよく、あるいは、プリズム及びレンズによって構成してもよく、あるいはミラーとレンズによって構成してもよい。

40

【0053】

本発明の第9の光合分波器によれば、本発明にかかる光合分波器2台を光反射面を共有するように対向に配置したような構造の光合分波器となり、両面の光ファイバから光信号を出し入れすることができる。この光合分波器は、分波又は合波する光の波長又は波長域の数が増えても小型の光合分波器にすることができる。

【0054】

本発明の第1～第9の光合分波器の実施態様における前記偏向素子では、その中心軸の回りに回転対称となっていないレンズによって構成している。このような偏向素子を用いれ

50

ば、レンズのみで光の光軸方向を曲げることができ、しかも、レンズを設けている領域を入射する光束と一致させることができ、レンズの設置領域を小さくすることができる。

【 0 0 5 5 】

また、本発明の第 1 ～ 第 9 の光合分波器の実施態様における前記偏向素子では、透過する光束の断面における中心が、その光軸からずれるように配置された球面レンズ、非球面レンズ又はアナモルフィックレンズによって構成している。このような偏向素子を用いてば、安価なレンズを用いて光を曲げることができる。

【 0 0 5 6 】

本発明の第 1 ～ 第 9 の光合分波器の実施態様における前記偏向素子としては、プリズム及びレンズによって構成してもよい。このような偏向素子によれば、レンズとして球面レンズや非球面レンズ、アナモルフィックレンズ等の安価なレンズを用いることができる。ここで、このプリズムを透明基板の一方の面に形成し、レンズを透明基板の他方の面にプリズムと対向させるように設ければ、レンズとプリズムとの位置決めが必要なくなり、また、部品点数も減らすことができる。また、このプリズムを導光手段の表面に一体に形成し、レンズをプリズムと対向する位置に配置するようにしてもよい。この場合には、プリズムを導光手段と一体化することによって部品点数を削減できる。

10

【 0 0 5 7 】

また、本発明の第 1 ～ 第 9 の光合分波器では、前記波長選択素子として、フィルタ又は回折素子を用いることができる。フィルタとしては、多層反射膜などが望ましく、回折素子としては、回折格子や CGH 素子などを用いることができる。

20

【 0 0 5 8 】

本発明にかかる第 1 の光合分波器の製造方法は、光反射面と、該光反射面に平行な面内に配列された透過波長が互いに異なる複数の波長選択素子とからなり、光反射面と各波長選択素子との間で光を反射させながら導光すると共に複数の波長の光を合波又は分波する導光手段を備えた光合分波器の製造方法であって、前記導光手段は、裏面に前記光反射面が形成される透明な基板上に、透過波長域が互いに異なる薄膜状の前記波長選択素子を複数並べて波長選択素子層を形成する工程と、前記波長選択素子層の表面に透明な別の基板を接合させて前記一对の基板間に前記波長選択素子層を挟み込む工程とにより作製されることを特徴としている。

【 0 0 5 9 】

本発明にかかる第 2 の光合分波器の製造方法は、光反射面と、該光反射面に平行な面内に配列された透過波長が互いに異なる複数の波長選択素子とからなり、光反射面と各波長選択素子との間で光を反射させながら導光すると共に複数の波長の光を合波又は分波する導光手段を備えた光合分波器の製造方法であって、前記導光手段は、裏面に前記光反射面が形成される透明な基板上に、透過波長域が異なる薄膜状の前記波長選択素子を複数並べて波長選択素子層を形成する工程により作製されることを特徴としている。

30

【 0 0 6 0 】

本発明にかかる第 3 の光合分波器の製造方法は、光反射面と、該光反射面に平行な面内に配列された透過波長が互いに異なる複数の波長選択素子とからなり、光反射面と各波長選択素子との間で光を反射させながら導光すると共に複数の波長の光を合波又は分波する導光手段を備えた光合分波器の製造方法であって、前記導光手段は、透過波長域が異なる薄膜状の前記各波長選択素子を透明な第 2 の基板の上に複数並べて波長選択素子層を形成する工程と、裏面に前記光反射面が形成される透明な第 1 の基板の上に、前記第 2 の基板を接合させる工程とにより作製されることを特徴としている。

40

【 0 0 6 1 】

本発明にかかる第 4 の光合分波器の製造方法は、光反射面と、該光反射面に平行な面内に配列された透過波長が互いに異なる複数の波長選択素子とからなり、光反射面と各波長選択素子との間で光を反射させながら導光すると共に複数の波長の光を合波又は分波する導光手段を備えた光合分波器の製造方法であって、前記導光手段は、透過波長域が異なる薄膜状の前記各波長選択素子をそれぞれ複数の透明な第 2 の基板上に形成する工程と、裏面に

50

前記光反射面が形成される透明な第 1 の基板の上に、透過波長域が異なる波長選択素子を有する複数の前記第 2 の基板を並べて接合させる工程とにより作製されることを特徴としている。

【0062】

本発明にかかる第 5 の光合分波器の製造方法は、光反射面と、該光反射面に平行な面内に配列された透過波長が互いに異なる複数の波長選択素子とからなり、光反射面と各波長選択素子との間で光を反射させながら導光すると共に複数波長の光を合波又は分波する導光手段を備えた光合分波器の製造方法であって、透過波長域が互いに異なる薄膜状の前記波長選択素子を複数並べて構成された波長選択素子層を一对の親基板間に挟み込んで一体化した後、積層された親基板を断裁することによって複数個の前記導光手段を作製されることを特徴としている。

10

【0063】

本発明にかかる第 1 ～ 第 5 の光合分波器の製造方法によれば、前記のような構造の導光手段を備えた光合分波器を製造することができる。また、第 5 の製造方法によれば、親基板を断裁することにより親基板から複数の導光手段を効率よく生産することができる。

【0064】

本発明にかかる第 4 の光合分波器の製造方法の実施態様によれば、第 2 の基板上に波長選択素子を形成する前記工程において、複数枚の親基板の上にそれぞれ透過波長域が異なる前記波長選択素子を形成し、それぞれの親基板を断裁することによって波長選択素子が形成された前記第 2 の基板を形成するようにしてもよい。

20

【0065】

本発明にかかる第 4 の光合分波器の製造方法の別な実施態様によれば、第 2 の基板上に波長選択素子を形成する前記工程において、複数枚の親基板の上にそれぞれ透過波長域が異なる前記波長選択素子を形成し、これらの親基板を並べて一括して断裁することにより、透過波長域の異なる波長選択素子を形成された一組の第 2 の基板を形成するようにしてもよい。この実施態様によれば、光合分波器の導光手段を大量生産することが可能になる。

【0066】

本発明の第 6 の光合分波器の製造方法は、裏面に光反射面を形成された第 1 の基板と、偏向素子となる複数のプリズムを表面に形成された第 2 の基板との間に、透過波長が互いに異なる複数の波長選択素子を挟み込まれ、光反射面と各波長選択素子との間で光を反射させながら導光すると共に複数波長の光を合波又は分波する導光手段を備えた光合分波器の製造方法であって、複数枚のプレートを重ね合わせ、重ねられたプレートの端面を重ね合わされた方向に対して傾斜するように平面状に加工する工程と、前記プレートを再配列させることにより、傾斜した端面の並びによって複数の前記プリズムの反転パターンを構成する工程と、前記再配列されたプレートを少なくとも成形金型の一部に用いて前記第 2 の基板の表面に前記プリズムを成形する工程とを備えたことを特徴としている。

30

【0067】

本発明の第 6 の光合分波器の製造方法によれば、プリズム作製の成形金型を簡単かつ精度良く製作することができる。

【0068】

なお、この発明の以上説明した構成要素は、可能な限り組み合わせることができる。

40

【0069】

【発明の実施形態】

(第 1 の実施形態)

図 2 は、本発明の第 1 の実施形態である光合分波器 8 a の構造を示す概略分解斜視図である。図 3 は図 2 に示す光合分波器 8 a の光ファイバ 9 a ～ 9 f のコア 9 を通る面における概略断面図であって、分波または合波の様子を説明している。また、図 4 は図 2 に示す光合分波器 8 a の概略側面図である。まず、図 2 ～ 図 4 に示す本発明の光合分波器 8 a の構成を説明する。

【0070】

50

本発明の光合分波器 8 a は、光ファイバ 9 a、9 b、9 c、9 d、9 e、9 f を一定ピッチで隙間なく平行に並べて先端にコネクタ 10 を取り付けた光ファイバアレイ 11、下面に複数個（図では 6 個）のマイクロレンズ 12 a、12 b、12 c、12 d、12 e、12 f を備えたマイクロレンズアレイ 14、表面に A R コート層（反射防止膜）21 が形成されたガラス板などの透明なカバー部材 20、マイクロレンズ 12 a ~ 12 f と A R コート層 21 との距離を一定に保つためのスペーサ 15 a、15 b、15 c、15 d、剥離膜 13 とフィルタ 17 a、17 b、17 c、17 d とダミーフィルム 18 a、18 b からなるフィルタ層 17、導光ブロック 16、及びミラー層 19 で構成されている。ミラー層 19 は、反射率の高い誘電体多層膜や金属蒸着膜などからなる層である。

【0071】

マイクロレンズアレイ 14、A R コート層 21、フィルタ層 17 及びミラー層 19 は、互いに平行になるように配置されている。また、マイクロレンズ 12 a ~ 12 f は A R コート層 21 とできるだけ近接するようにして設置されている。コネクタ 10 内の光ファイバ 9 a ~ 9 f はマイクロレンズアレイ 14 に対して垂直に配置されている。

【0072】

光ファイバアレイ 11 の光ファイバ 9 a ~ 9 f には、コア 9 をプラスチック又はガラスのクラッドで皮膜した素線、又は、コア 9 回りのクラッドをプラスチックで被覆した素線、若しくは、これらの素線をさらにプラスチック等で被覆した心線など、どのようなものを用いてもよい。

【0073】

次に、マイクロレンズアレイ 14 の構造と役割を説明する。図 5 は、マイクロレンズアレイ 14 の下面図である。マイクロレンズアレイ 14 の下面には、光ファイバ 9 a ~ 9 f の断面と同程度の大きさの複数個（図では 6 個）のマイクロレンズ 12 a ~ 12 f がほぼ隙間なく形成されている。光合分波器 8 a の分波動作又は合波動作を考えたとき、光ファイバ 9 a ~ 9 f の端面から出射された光はすべてマイクロレンズ 12 a ~ 12 f に入射しなければならない。この条件を満たすよう、次のようにマイクロレンズアレイ 14 の厚みを決めるとよい。

【0074】

光ファイバ 9 a ~ 9 f のコア 9 の内部では、クラッドとの界面での反射を繰り返しながら光が伝搬する。このように、コア 9 からクラッドへ透過することなくコア 9 内部で光を伝搬させるためには、クラッドとの界面への入射角が全反射角以上の角度でなくてはならない。クラッド界面への入射角はこのように限定されているので、コア端からの光の出射方向、広がり具合は自ずと決まってくる。したがって、この一定の広がり角を持つ光の断面が、マイクロレンズ 12 a ~ 12 f と同程度の大きさまで広がったときに、または、マイクロレンズ 12 a ~ 12 f と同程度の大きさに広がるまでにマイクロレンズ 12 a ~ 12 f に入射するように、マイクロレンズアレイ 14 の厚みを設計すれば、光ファイバ 9 a ~ 9 f を出射した光の全てをマイクロレンズ 12 a ~ 12 f に入射させることができる。

【0075】

また、マイクロレンズ 12 a ~ 12 f は、その中心軸が光ファイバ 9 a ~ 9 f の光軸とほぼ一致するように配置設計されており、さらに、次の要件を満たすような形状に設計されていることが望ましい。図 6 は、本発明の光合分波器 8 a 内の光路を示す概念図であって、L1 はマイクロレンズ 12 a ~ 12 f の主平面、L2 はミラー層 19 の表面（以下ミラー面 L2 という）、L3 はレンズ主平面 L1 のミラー面 L2 に対する鏡像である。マイクロレンズ 12 a は、図 6 に示すように、光ファイバ 9 a から出射した光がレンズ主平面 L1（マイクロレンズ 12 a）に入射した後、光の光軸方向を曲げられた平行光となって出射するような形状のレンズであることが望ましい。光の光軸方向の曲げの程度つまりミラー面 L2 への入射角は後述する理由から 10°未満の最適な角度であることが望ましい。なお、このようにレンズを透過した後の光の光軸方向（光束の断面中心を通る光線の進む方向を光の光軸方向と呼ぶ。）をレンズに入射する前の光の光軸方向に対して曲げるようなレンズを以下においては傾斜レンズという。

10

20

30

40

50

【0076】

また、マイクロレンズ12cは、上記のマイクロレンズ12aの出射光がミラー面L2で反射して、斜め下方から入射してきたときに、その光の光軸方向を曲げて光ファイバ9cに効率よく結合するような形状であることが望ましい。この光合分波器8aにおいて、マイクロレンズ12c~12fには同じ入射角で光が入射し、同じ出射角で光を出射すればよいので、マイクロレンズ12c~12fはコリメータレンズを使用して全て同一形状にすることもできるし、集光レンズを使用して最適な焦点距離になるようそれぞれ異なる形状にしておいてもよい。なお、本実施形態においてはマイクロレンズ12bは使用しないため省いておいてもよい。しかしながら、第2の実施形態などとの共用化のため、図2~図5ではマイクロレンズ12bを備えたマイクロレンズアレイ14を示している。マイクロレンズ12bもマイクロレンズ12cと同じ形状であればよい。

10

【0077】

上記の要件を満たすマイクロレンズ12a~12fは、図7(a)(b)に上面図及び正面図で示すように、非球面レンズ25の光軸から外れた位置で非球面レンズ25から円形に切り出すことによって得られる。

【0078】

また、このようなマイクロレンズ12a~12fを表面に有するマイクロレンズアレイ14は、紫外線硬化樹脂などの未硬化の樹脂に、マイクロレンズ12a~12fの反転パターンを表面に有するスタンプを押圧し、ここへ紫外線を照射して樹脂を硬化させるスタンプ法等によって簡単に成形することができる。また、このスタンプにスペーサ15a、15b、15c、15dの反転パターンも形成しておけば、マイクロレンズ12a~12fとスペーサ15a、15b、15c、15dとを同時に形成することができる。マイクロレンズ12a~12fとスペーサ15a~15dとを同時に形成できれば、個別に作成したスペーサ15a~15dをマイクロレンズアレイ14に接着するよりも製造工程を簡略化することができ、また、マイクロレンズ12a~12fとフィルタ17a~17dとの位置精度も向上させることができる。

20

【0079】

本発明の光合分波器8aにおいては、図6に示すように光ファイバ9aを出射し、マイクロレンズ12a(主平面L1のうち光ファイバ9aの下方領域)を透過し、ミラー面L2で反射された平行光束が、マイクロレンズ12c(主平面L1のうち光ファイバ9cの下方領域)に入射するように各構成部品が形成され、配置されている。例えば、光ファイバ9a~9fの配置によってマイクロレンズ12a~12fの配置が定まっており、さらにマイクロレンズ12aの形状からミラー面L2への入射角も決まっている場合には、図6に示すようにマイクロレンズ12aから出射した平行光がすべて、ミラー面L2に対するレンズ主面L1の鏡像L3(マイクロレンズ12cの鏡像12c')に入射して集光され、ミラー面L2に対する光ファイバ9cの鏡像9c'に結合するようにミラー面L2の位置を定めるとよい。マイクロレンズアレイ14とミラー層19との間隔の調整は、導光ブロック16の厚みとカバー部材20の厚みで調整することができる。

30

【0080】

また、光ファイバ9a~9fの配置によってマイクロレンズ12a~12fの配置が定まっており、さらに導光ブロック16やカバー部材20の厚みが決まっている場合には、マイクロレンズ12aの曲げ角度が適当な角度になるようにマイクロレンズ12aを設計するとよい。

40

【0081】

なお、光ファイバアレイ11とマイクロレンズアレイ14のアライメントは、光ファイバアレイ11とマイクロレンズアレイ14との間に未硬化の接着剤を塗布した後、接着剤未硬化の状態で、各光ファイバ9a、9b、9c、9d、9e、9fに光を照射して各マイクロレンズ12a、12b、12c、12d、12e、12fを透過した光の強度を測定しながら位置調整をし、最適な位置で接着剤を硬化させるとよい。

【0082】

50

次に、フィルタ層 17 について説明する。図 8 は、フィルタ 17 a ~ 17 d、ダミーフィルム 18 a、18 b 及び AR コート層 21 の透過波長特性を示す図であって、横軸が波長、縦軸が光の透過率を示している。フィルタ 17 a、17 b、17 c、17 d は、図 8 に実線で示すように、それぞれ波長 1、2、3、4 を中心とする波長域の光を透過し、それ以外の波長域の光を反射する誘電体多層膜である。また、ダミーフィルム（スペーサー）18 a、18 b 及び AR コート層 21 は、例えば薄膜ガラス、石英、透明な樹脂フィルムなどを利用する部材であって、図 8 に破線で示すように、すべての波長域の光を透過する。

【0083】

ここで、本発明の光合分波器 8 a のフィルタ層 17 の製造方法を図 9、図 10 を用いて説明する。まず、図 9 (a) に示すガラス等の基板 22 の表面に、スピンコーターを用いて図 9 (b) に示すように透明物質で非常に薄い剥離膜 13 を成膜する。この剥離膜 13 の物質は、ポリイミドなど、透明で薄膜を形成した後に加熱や水との接触、紫外線照射など何らかの条件を与えることによって基板 22 から剥離し易くなるような物質であればよい。

10

【0084】

剥離膜 13 の表面には、図 9 (c) に示すように、各基板 22 毎に各特性のフィルタ薄膜（誘電体多層膜）27 を形成する。このように基板 22 上に剥離膜 13 とフィルタ薄膜 27 とを形成したものを、必要なフィルタ 17 a ~ 17 d の種類分用意する。また、剥離膜 13 とフィルタ薄膜 27 との合計厚みと同じ厚みで、ダミーフィルム 18 a、18 b を、透明な薄板ガラス、石英、透明樹脂フィルムなどによって形成しておく。

20

【0085】

次に、図 9 (d) に示すように、基板 22 上のフィルタ薄膜 27 および剥離膜 13 を光合分波器 8 a で使用するフィルタ 17 a、17 b、17 c、17 d の幅に切断する。ここでは、フィルタ薄膜 27 と剥離膜 13 が切断されるとよいので、基板 22 を完全に切断してしまう必要はない。フィルタ薄膜 27 と剥離膜 13 を切断したら、加熱や水との接触、紫外線照射等を行って、図 9 (e) に示すように剥離膜 13 を基板 22 から剥離する。

【0086】

次に、導光ブロック 16 の親基板の表面に透明な接着剤を塗布しておき、裏面に剥離膜 13 を備えたフィルタ 17 a、17 b、17 c、17 d とダミーフィルム 18 a、18 b を図 10 (f) に示す順番で一枚ずつ並べ、導光ブロック 16 の親基板の表面に接着する。この場合、平面板で上面から押圧してフィルタ層 17 を導光ブロック 16 の親基板に密着させるようにするとよい。また、平坦な台の上にフィルタ 17 a ~ 17 d とダミーフィルム 18 a、18 b とを裏向けに並べた上から、表面に透明な接着剤を塗布した導光ブロック 16 の親基板を押し付けるようにしてフィルタ層 17 と導光ブロック 16 とを接着してもよい。この後、導光ブロック 16 の親基板の裏面には、金属薄膜を形成されたシートを貼付するか金属材料を蒸着してミラー層 19 を形成するとよい。また、導光ブロック 16 の親基板の裏面に事前にミラー層 19 を形成しておいてから、フィルタ 17 a ~ 17 d とダミーフィルム 18 a、18 b を表面に接着してもよい。

30

【0087】

次に、表面と裏面にフィルタ層 17 とミラー層 19 を形成した導光ブロック 16 の親基板を、図 11 に破線で示す部分で切断して図 10 (g) に示すように個々の導光ブロック 16 の形状に切断すれば、フィルタ層 17 及びミラー層 19 が形成された導光ブロック 16 を効率よく大量生産することができる。ついで、導光ブロック 16 の表面のフィルタ層 17 の上に AR コート層 21 を形成したカバー部材 20 を接合させる。

40

【0088】

また、親基板上のフィルタ層 17 と、表面に AR コート層 21 を形成したカバー部材 20 の親基板を透明な接着剤で接着し、その後、図 11 に示す切断を行えば、さらに効率よく光合分波器 8 a を製造することができる。また、このように切断前にフィルタ層 17 をカバー部材 20 で覆っておけば、切断時にフィルタ層 17 が汚れたり傷つかず、歩留まりを

50

低下させることができる。

【0089】

また、フィルタ層17は図12、図13を用いて説明する以下の方法で作製してもよい。まず、図12(a)に示す基板22の表面に、スピンコーターを用いて図12(b)に示すように剥離膜23を形成する。この剥離膜23は、例えばポリイミドなど加熱や水との接触、紫外線照射等によって性質が変化し、基板22やフィルタ薄膜27から剥がれ易くなるような物質であればよい。

【0090】

剥離膜23の表面には、図12(c)に示すように、各基板22毎に各特性の誘電体多層膜からなるフィルタ薄膜27を成膜する。このようにフィルタ薄膜27を成膜したものを、必要なフィルタの種類だけ用意する。フィルタ薄膜27の表面には、図12(d)に示すようにさらに剥離膜13を成膜する。

10

【0091】

次に、図13(e)に示すように、上の剥離膜13の表面にダイシングテープ24を接着し、図13(f)に示すように、加熱や紫外線照射等によって基板22側の剥離膜23をフィルタ薄膜27から剥離する。このとき、下の剥離膜23をフィルタ薄膜27に接着させたまま基板22のみを剥離するようにしてもよい。その場合には、フィルタ薄膜27を両面から剥離膜13、23で覆うことになるため、フィルタ薄膜27が傷つきにくくなり、取り扱い易くなる。

【0092】

次に、ダイシングテープ24のフィルタ薄膜27が形成されている面を上に向け、図13(g)に示すようにフィルタ17a、17b、17c、17dの幅に切断する。その後、紫外線を照射するなどしてダイシングテープ24を剥離膜13から剥がし、各フィルタ17a~17dを導光ブロック16上に並べ、剥離膜13を透明な接着剤によって導光ブロック16に接着する。また、剥離膜13とフィルタ薄膜27を合わせた厚みと同じ厚みに成膜したダミーフィルム18a、18bも、導光ブロック16の表面に透明な接着剤で接着する。この後、先に説明した製造工程と同様、個々のフィルタ層17を形成するような切断を行えばよい。

20

【0093】

次に、本発明の光合分波器8aでの光の分波について説明する。図14は図3の一部破断した拡大断面図であって、本発明の光合分波器8aの分波の様子を説明する図である。波長1、2、3、4を多重化した光が光ファイバ9aから出射すると、光ファイバ9aからマイクロレンズ12aに入射した光は、上述のように、マイクロレンズ12aによって光軸方向を曲げられて平行光となり、ARコート層21、カバー部材20を透過してフィルタ層17のダミーフィルム18aが配置されている部分に入射する。

30

【0094】

ダミーフィルム18aを透過した光は、さらに導光ブロック16を透過してミラー層19の表面で反射し、再び導光ブロック16を透過して、フィルタ層17に到達する。フィルタ層17のこの位置には、フィルタ17aを配置しているので、波長1の光はフィルタ17aを透過してマイクロレンズ12cに入射し、光軸方向を曲げられて光ファイバ9cに結合される。従って、光ファイバ9cの光出射端からは波長1の光のみを取り出すことができる。

40

【0095】

一方、フィルタ17aで反射された光(波長2、3、4)は、ミラー層19の表面で再度反射して、フィルタ層17に入射する。フィルタ層17のこの位置にはフィルタ17bを配置しているので、フィルタ17bを透過した波長2の光はマイクロレンズ12dに入射し、光軸方向を曲げられて光ファイバ9dに結合される。従って、光ファイバ9dの光出射端からは波長2の光を取り出すことができる。

【0096】

同様に、フィルタ17bで反射された光(波長3、4)は、さらにミラー層19の表

50

面で反射して、フィルタ層 17 に入射する。フィルタ層 17 のこの位置にはフィルタ 17 c を配置しているので、フィルタ 17 c を透過した波長 3 の光はマイクロレンズ 12 e に入射し、光軸方向を曲げられて光ファイバ 9 e に結合される。従って、光ファイバ 9 e の光出射端からは波長 3 の光を取り出すことができる。

【0097】

同様に、フィルタ 17 c で反射された光（波長 4）は、さらにミラー層 19 の表面で反射して、フィルタ層 17 に入射する。フィルタ層 17 のこの位置には、フィルタ 17 d を配置しているので、フィルタ 17 d を透過した波長 4 の光はマイクロレンズ 12 f に入射し、光軸方向を曲げられて光ファイバ 9 f に結合される。従って、光ファイバ 9 f の光出射端からは波長 4 の光を取り出すことができる。

10

【0098】

このように本発明の光合分波器 8 a は、多重化された光を分波することができる。また逆に、光ファイバ 9 c ~ 9 f を伝搬してきた波長 1 ~ 4 の光を多重化させて光ファイバ 9 a から取り出すようにすれば、合波器として利用することができる。

【0099】

図 15 は本発明の光合分波器 8 a の合波動作を表している。波長 1、2、3、4 の光が、それぞれ光ファイバ 9 c、9 d、9 e、9 f を伝搬し、光ファイバ 9 c、9 d、9 e、9 f の端面から出射されているとする。このとき、光ファイバ 9 f から出射された波長 4 の光は、マイクロレンズ 12 f を通過することによって平行光化されると共に光軸方向を曲げられ、カバー部材 20、フィルタ 17 d 及び導光ブロック 16 を透過してミラー層 19 で反射される。ミラー層 19 で反射された波長 4 の光はフィルタ 17 c に入射し、フィルタ 17 c で反射される。

20

【0100】

一方、光ファイバ 9 e から出射された波長 3 の光は、マイクロレンズ 12 e を通過することによって平行光化されると共に光軸方向を曲げられ、カバー部材 20 及びフィルタ 17 c を透過する。こうしてフィルタ 17 c で反射された波長 4 の光と、フィルタ 17 c を透過した波長 3 の光は導光ブロック 16 内を同じ方向に進んでミラー層 19 で反射される。ミラー層 19 で反射された波長 3 及び 4 の光はフィルタ 17 b に入射し、フィルタ 17 b で反射される。

【0101】

また、光ファイバ 9 d から出射された波長 2 の光は、マイクロレンズ 12 d を通過することによって平行光化されると共に光軸方向を曲げられ、カバー部材 20 及びフィルタ 17 b を透過する。こうしてフィルタ 17 b で反射された波長 3 及び 4 の光と、フィルタ 17 b を透過した波長 2 の光は導光ブロック 16 内を同じ方向に進んでミラー層 19 で反射される。ミラー層 19 で反射された波長 2、3 及び 4 の光はフィルタ 17 a に入射し、フィルタ 17 a で反射される。

30

【0102】

また、光ファイバ 9 c から出射された波長 1 の光は、マイクロレンズ 12 c を通過することによって平行光化されると共に光軸方向を曲げられ、カバー部材 20 及びフィルタ 17 a を透過する。こうしてフィルタ 17 a で反射された波長 2、3 及び 4 の光と、フィルタ 17 a を透過した波長 1 の光は導光ブロック 16 内を同じ方向に進んでミラー層 19 で反射される。ミラー層 19 で反射された波長 1、2、3 及び 4 の光は、導光ブロック 16、ダミーフィルム 18 a 及びカバー部材 20 を透過してマイクロレンズ 12 a に入射する。

40

【0103】

マイクロレンズ 12 a に入射した波長 1、2、3 及び 4 の平行光は、マイクロレンズ 12 a によって光軸方向を光ファイバ 9 a の光軸方向と平行に曲げられると共に集光され、光ファイバ 9 a に結合されて光ファイバ 9 a 内を伝搬する。このようにして、本発明の光合分波器 8 a は、各波長の光を合波して多重化させることもできる。

【0104】

50

なお、上記説明では、各フィルタ 17 b、17 c、17 d を透過した光がそれぞれマイクロレンズ 12 d、12 e、12 f に入射するとしたが、そのためには、光軸方向を曲げられた光の偏向角に応じて、隣り合うマイクロレンズ 12 c、12 d、12 e、12 f の間隔とレンズ位置におけるミラー層 19 で反射された光の間隔 d 2 とが一致するように、導光ブロック 16 の厚み w 2 を調整すればよい。

【0105】

また、この場合、マイクロレンズ 12 a とマイクロレンズ 12 c との間隔 d 1 は、カバー部材 20 の厚み w 1 によって調整することができる。このように、本発明の光合分波器 8 a においては、カバー部材 20 に十分な厚みがあり、厚みを調整することによって正確に光路を設計することができるので、光のロスが少ない光合分波器 8 a にすることができる。また、導光ブロック 16 の厚み w 2 とカバー部材 20 の厚み w 1 が同じ厚みであるときに、マイクロレンズ 12 a とマイクロレンズ 12 c の間隔 d 1 がミラー層 19 での反射の間隔 d 2 の 2 倍になるようマイクロレンズアレイ 14 を設計しておけば、光ファイバアレイ 11 の光ファイバ 9 a、9 b、9 c、9 d、9 e、9 f のそれぞれの間隔が等間隔となり、また導光ブロック 16 とカバー部材 20 を同一資材で形成することができ、資材調達や加工にかかるコストを低減させることができる。

10

【0106】

なお、マイクロレンズ 12 a を透過した光のミラー層 19 への入射角度が 10° 以下の適当な角度になるようにマイクロレンズ 12 a を設計するとよいことを前述したが、その理由は以下の通りである。ミラー層 19 の入射角度は、そのままフィルタ層 17 への入射角度となるが、この角度が大きすぎると、P 偏光と S 偏光の入射角による透過率の違い（波長依存性損失）が大きくなって、フィルタ 17 a を透過した波長 1 の光と透過前の波長 1 の光の性質が変わることになってしまう。つまり光の再現性が悪い。したがって、ミラー層 19 への入射角度は大き過ぎてはならないが、逆にミラー層 19 への入射角度が小さすぎると、導光ブロック 16 とカバー部材 20 の厚みを厚くして光路長を長くしなければ、マイクロレンズ 12 c に光を入射させられなくなり、光合分波器 8 a が大型化し、光の減衰も大きくなる。これらを考慮した計算及び実験結果より、ミラー層 19 への入射角は 10° 以下の最適な角度にすることが望ましい。

20

【0107】

本発明の光合分波器 8 a は、図 16 の概略断面図で示すようにケーシング 32 に納め、入り口を接着剤 33 で封止して使用するとよい。

30

【0108】

本発明の光合分波器 8 a は、マイクロレンズアレイ 14 を備えており、マイクロレンズ 12 a ~ 12 f によって光の光軸方向を曲げることができる。したがって、多重化した光を伝搬する光ファイバ 9 a と分波後の各波長の光を伝搬する光ファイバ 9 c ~ 9 f とを平行に並べてなる光ファイバアレイ 11 の光出射端面とフィルタ層 17 やミラー層 19 とを互いに平行に配置することができ、分波の数を増やしても小型の光合分波器 8 a にすることができる。

【0109】

また、本発明の光合分波器 8 a にあつては、カバー部材 20 と導光ブロック 16 の厚みを調整することによって、分波した光が正確にマイクロレンズ 12 c ~ 12 f に入射するように設計することができる。

40

【0110】

（第 2 の実施形態）

図 17 は、本発明の第 2 の実施形態による光合分波器 8 b の一部破断した概略断面図であつて、第 1 の実施形態で説明した図 14 に相当する図である。フィルタ 17 a、17 b、17 c、17 d、17 e はそれぞれ波長 1、2、3、4、5 の光を透過する誘電体多層膜である。フィルタ層 17 は、フィルタ 17 a ~ 17 e と剥離膜 13 及びダミーフィルム（スペーサー）18 a、18 b で構成されている。フィルタ層 17 は第 1 の実施形態で説明した製造工程によって製造することができる。図 17 に示す光合分波器 8 b の

50

うち、第 1 の実施形態で説明した構成と同じ構成部分の説明は省略する。

【0111】

本実施形態の光合分波器 8 b は、フィルタ層 17 の表面を透明で非常に薄いガラス等のフィルム 20 a で覆ってフィルタ 17 a ~ 17 e を湿気等から保護している。フィルム 20 a の表面には AR コート層 21 が形成されている。

【0112】

各フィルタ 17 a ~ 17 e は、ミラー層 19 で反射した光が対応するマイクロレンズ 12 b ~ 12 f に入射するときのその光路上に配置していなければならないため、第 1 の実施形態で示したようにフィルタ層 17 の上のカバー部材 20 の厚みが厚ければ、導光ブロック 16 の厚みと、ミラー層 19 への光の入射角から各フィルタ 17 a ~ 17 e の配置設計をする必要がある。 10

【0113】

しかしながら、本実施形態のように非常に薄いフィルム 20 a でフィルタ層 17 を覆っていれば、第 1 の実施形態の光合分波器 8 a よりもフィルタ 17 a ~ 17 e とマイクロレンズ 12 b ~ 12 e とを近接させることができる。したがって、マイクロレンズ 12 a と対面する位置にダミーフィルム 18 a を形成し、マイクロレンズ 12 b、12 c、12 d、12 e、12 f と対面する位置にフィルタ 17 a、17 b、17 c、17 d、17 e を形成するというように、マイクロレンズ 12 b ~ 12 f と同じ位置にフィルタ 17 a ~ 17 e を配置しても、ミラー層 19 で反射した光を各フィルタ 17 a ~ 17 e に入射させることができる。このように、本実施形態では、第 1 の実施形態で示した光合分波器 8 a のようにフィルタ層 17 の配置設計が煩雑ではない。 20

【0114】

また、図 18 に示すように、フィルタ 17 a ~ 17 e の表面はフィルム 20 a や AR コート層 21 で必ずしも覆わなくてもよい。ただし、フィルタ層 17 の表面が平坦になるように、フィルム 20 a と AR コート層 21 を合わせた厚みは剥離膜 13 とフィルタ 17 a ~ 17 e を合わせた厚みと同じ厚みにしなければならない。

【0115】

(第 3 の実施形態)

図 19 は、本発明の第 3 の実施形態による光合分波器 8 c の一部破断した概略断面図であって、第 1 の実施形態で説明した図 14 に相当する図である。図 19 に示す光合分波器 8 c のうち、第 1 の実施形態で説明した構成と同じ構成部分の説明は省略する。フィルタ層 17 は、フィルタ 17 a ~ 17 e と剥離膜 13 及びダミーフィルム 18 a で構成されている。フィルタ層 17 は第 1 の実施形態で説明した製造方法で製造することができる。フィルタ 17 a、17 b、17 c、17 d、17 e はそれぞれ波長 1、2、3、4、5 の光を透過する誘電体多層膜である。マイクロレンズアレイ 14 の高さ調整のため、導光ブロック 16 とマイクロレンズアレイ 14 の間にはスペーサブロック 31 a、31 b を挟んでいる。 30

【0116】

本実施形態の光合分波器 8 c では、ガラス板などの透明な板 28 に透明な接着剤を塗布し、その上にフィルタ層 17 を形成している。フィルタ層 17 上にはさらに表面に AR コート層 21 を備えたフィルム 20 a が透明な接着剤で接着されている。このようにフィルタ層 17 等が表面に形成された透明な板 28 と、スペーサブロック 31 a、31 b とを導光ブロック 16 の表面に接着し、さらにマイクロレンズアレイ 14 等を接着すれば光合分波器 8 c が完成する。 40

【0117】

(第 4 の実施形態)

図 20 は、本発明の第 4 の実施形態による光合分波器 8 d の一部破断した概略断面図であって、第 1 の実施形態で説明した図 14 に相当する図である。本光合分波器 8 d において、第 1 の実施形態で説明した構成と同じ構成部分の説明は省略する。本実施形態の光合分波器 8 d のフィルタ層 17 は、フィルタ 17 a、17 b、17 c、17 d、17 e 又は A 50

Rコート層21がガラス等の透明ブロックの表面に形成されてなるフィルタブロック29a、29b、29c、29d、29e、29f、29gから構成されている。フィルタ17a、17b、17c、17d、17eは、それぞれ1、2、3、4、5の波長域の光を透過し、それ以外の波長域の光を反射する誘電体多層膜である。

【0118】

次に本実施形態のフィルタ層17の製造方法を図21を用いて説明する。まず、図21(a)に示すように、ガラスなどの透明な基板22の表面に各フィルタ特性のフィルタ薄膜27を形成する。フィルタ薄膜27を表面に形成した基板22は、フィルタ17a、17b、17c、17d、17eの種類だけ用意する。また、フィルタ薄膜27と同じ厚みのARコート層21を基板22の上に形成したものも用意する。

10

【0119】

次に、図21(b)に示すように、基板22の裏面を研磨して基板22の厚みをできるだけ薄くし、図21(c)に示すように光合分波器8dで使用するフィルタ17a、17b、17c、17d、17eやARコート層21の幅に切断する。フィルタ17a~17e又はARコート層21が表面に形成された基板22を矩形状に切断したものは、フィルタブロック29a~29gとなる。

【0120】

次に、フィルタ17a~17e付きのフィルタブロック29a~29e及びARコート21付きのフィルタブロック29f、29gを、図21(d)に示すように順に並べて側面を貼り合わせ、裏面が平坦になるよう研磨すれば、図21(e)に示すようなフィルタ層17が完成する。このフィルタ層17は、透明な接着剤で導光ブロック16の上面に貼り合わせる。

20

【0121】

(第5の実施形態)

図22は、本発明の第5の実施形態による光合分波器8eの一部破断した概略断面図であって、第1の実施形態の図14及び第4の実施形態で説明した図20に相当する図である。この光合分波器8eにおいて、第1又は第4の実施形態で説明した構成と同じ構成部分の説明は省略する。フィルタ17a、17b、17c、17d、17eは、それぞれ波長1、2、3、4、5の光を透過しそれ以外の波長域の光を反射する誘電体多層膜である。フィルタ層17は、このフィルタ17a~17e又はARコート層21がガラスなどの透明なブロックの表面に形成されてなるフィルタブロック29a~29fで構成されている。

30

【0122】

図22に示すように、本実施形態の光合分波器8eのフィルタ層17(フィルタブロック29a~29f)は、マイクロレンズ12a~12fの下方にのみ配置されている。マイクロレンズ12a~12fとフィルタ層17の間隔を決めるスペーサーには、図22に示すようなマイクロレンズアレイ14とは完全に別体のスペーサーブロック31a、31bのみを用いてもよい。しかしながら、図23に示す光合分波器8e'のように、マイクロレンズアレイ14と一体形成されたスペーサー15a、15b、15c、15dと、このスペーサー15a~15dに継ぎ足すことによって丁度よい高さにできるスペーサーブロック31a、31bとを用いるようにすれば、第1の実施形態で説明したマイクロレンズアレイ14をこの実施形態でも利用することができる。なお、この実施形態では、スペーサー15a及び15cとスペーサーブロック31aとが接合され、スペーサー15b及び15dとスペーサーブロック31bとが接合されている。

40

【0123】

本実施形態のフィルタ層17は、第4の実施形態で図21(a)を用いて説明したフィルタ層17の製造方法で製造することができる。しかしながら、図21に示す基板22の上面に成膜されたフィルタ薄膜27には、その中心方向に向けた引っ張り応力が発生しているので、基板22の裏面を研磨したときにこの引っ張り応力によってガラス基板が反り返ったり割れてしまうことがある。この問題を解決するためには、図24(a)に示すよう

50

に、基板 22 の表面にフィルタ薄膜 27 を成膜した後に、図 24 (b) に示すようにフィルタ薄膜 27 をダイシングブレードで切断しておき、その後で、図 24 (c) に示すように、所望する厚みになるまで基板 22 の裏面を研磨するとよい。このように、基板 22 を研磨する前にフィルタ薄膜 27 を分断しておけば、個々のフィルタ薄膜 27 a の面積が小さくなって応力が緩和されるので、研磨によって基板 22 が薄くなっても基板 22 が反り返ったり割れてしまうことがない。なお、フィルタ薄膜 27 a は必ずしもフィルタ 17 a ~ 17 e の幅に分断しなければならないわけではなく、上記の応力が緩和される程度の、フィルタの幅を何倍かした幅で分断してもよい。

【0124】

最後に図 24 (d) に示すように、光合分波器 8 e で使用するフィルタ 17 a ~ 17 e の幅でフィルタ薄膜 27 a 及び基板 22 を完全に切断する。その後の工程は、第 4 の実施形態で説明したものと同一である。

【0125】

(第 6 の実施形態)

図 25 は、本発明の第 6 の実施形態である光合分波器 8 f の一部破断した概略断面図であって、第 1 の実施形態で説明した図 14 に相当する図である。この光合分波器 8 f は、光ファイバアレイ 11、下面にマイクロレンズ 12 a ~ 12 f とスペーサー 15 a、15 b、15 c、15 d を備えたマイクロレンズアレイ 14、フィルタ層 17 及びミラー層 19 から構成されている。

【0126】

フィルタ層 17 は、ガラスなどの透明なブロックの表面にフィルタ 17 a、17 b、17 c、17 d、17 e 又は AR コート層 21 若しくはダミーフィルム 18 b を形成したフィルタブロック 29 a、29 b、29 c、29 d、29 e、29 f、29 g で構成されている。フィルタ 17 a、17 b、17 c、17 d、17 e は、それぞれ波長 1、2、3、4、5 の光を透過しそれ以外の波長域の光を反射する誘電体多層膜である。本実施形態の光合分波器 8 f においては、第 4 又は第 5 の実施形態で説明した製造方法 (図 21、図 24) で、フィルタ層 17 を製造し、このフィルタ層 17 の裏面にミラー層 19 を形成している。

【0127】

(第 7 の実施形態)

図 26 は、本発明の第 7 の実施形態による光合分波器 8 g の概略断面図であって、その構造と光信号を分波する様子を説明している。この光合分波器 8 g は、第 1 の実施形態で説明した光合分波器 2 台をミラー層 19 を挟んで対称に配置して一体化させたような形状になっている。

【0128】

本実施形態の光合分波器 8 g は、光ファイバ 9 a、9 b、9 c、9 d、9 e、9 f とコネクタ 10 となる光ファイバアレイ 11 a と、下面にマイクロレンズ 12 a、12 b、12 c、12 d、12 e、12 f とスペーサー 15 a、15 b、15 c、15 d を備えたマイクロレンズアレイ 14 a、フィルタ層 17 L、導光ブロック 16 a、ミラー層 19、導光ブロック 16 b、フィルタ層 17 M、下面にマイクロレンズ 12 g、12 h、12 i、12 j、12 k、12 l とスペーサー 15 a、15 b、15 c、15 d を備えたマイクロレンズアレイ 14 b、光ファイバ 9 g、9 h、9 i、9 j、9 k、9 l とコネクタ 10 となる光ファイバアレイ 11 b から構成されている。

【0129】

フィルタ層 17 L は、AR コート層 (反射防止膜) 21 と、それぞれ波長 1、2、3、4、5 の光を透過するフィルタ 17 a、17 b、17 c、17 d、17 e、剥離膜 13、ダミーフィルム (スペーサー) 18 b で構成されている。このうち、AR コート層 21 はマイクロレンズ 12 a に対向し、フィルタ 17 a ~ 17 e はそれぞれマイクロレンズ 12 b ~ 12 f に対向している。また、フィルタ層 17 M は、それぞれ波長 6、7、8、9、10 の光を透過するフィルタ 17 f、17 g、17 h、17 i、17

10

20

30

40

50

jとダミーフィルム（スペーサー）18a、18bで構成されている。このうち、ダミーフィルム18aはマイクロレンズ12gに対向し、フィルタ17f～17jはそれぞれマイクロレンズ12h～12lに対向している。ミラー層19は、金属膜などの反射率の高い物質層で形成されていて、両面が反射面となっている。また、ミラー層19の一部に設けられた開口には、波長6、7、8、9、10の光を透過するフィルタ17kが設けられている。

【0130】

次に、この光合分波器8gでの光の分波動作を説明する。光ファイバ9aからマイクロレンズ12aに入射した波長1～10の光は、マイクロレンズ12aを透過することによってその光路が曲げられ、平行光となってARコート層21、導光ブロック16aを透過し、ミラー層19のフィルタ17kに入射する。 10

【0131】

このフィルタ17kでは、波長1～5の光が反射される。反射された光1～5の光は、フィルタ層17lとミラー層19の間で反射を繰り返しながら各フィルタ17a、17b、17c、17d、17eを順次波長1、2、3、4、5の光が透過して分波され、光ファイバ9b、9c、9d、9e、9fからは、それぞれ波長1、2、3、4、5の光を取り出すことができる。

【0132】

また、ミラー層19のフィルタ17kを透過した波長6～10の光は、導光ブロック16bを透過して、フィルタ層17mに入射する。ここでも、フィルタ層17mとミラー層19の間で反射を繰り返しながら各フィルタ17f、17g、17h、17i、17jを順次波長6、7、8、9、10の光が透過して分波され、光ファイバ9h、9i、9j、9lからは、それぞれ波長6、7、8、9、10の光を取り出すことができる。 20

【0133】

本発明の光合分波器8gは、ミラー層19を共有することによって、小型で、多くの波長に分波できるようになっている。

【0134】

なお、光ファイバ9g及び12gは、無くてもよいが、この実施形態では、他の実施形態との部品の共用化を考慮して設けられている。 30

【0135】

（第8の実施形態）

第1～第7の実施形態ではいずれも、マイクロレンズアレイ14のマイクロレンズ12a～12fとして、光ファイバ9a～9fに入射する光の光軸方向を曲げることのできる非球面レンズの一部分からなるレンズ（すなわち、傾斜レンズ）を用いているが、このようなレンズは、その形状が軸心回りで回転対称でなく、特殊なレンズとなるので、加工や成形が困難で、コストも高かつき易い。第8の実施形態は、この点を考慮したものであって、プリズムを用いて光の光軸方向を曲げるようにしている。

【0136】

図27は、本発明の第8の実施形態による光合分波器8hの分解斜視図、図28はその概略断面図である。この光合分波器8hにおいては、一列に束ねられた複数本の光ファイバ9a、9b、9c、9d、9e、9fの端部をコネクタ10内に挿入し、各光ファイバ9a～9fの端部をプラスチック製のコネクタ10で平行に保持させている。光ファイバアレイ11の下面には、各光ファイバ9a～9fの端面が一列に露出している。このコネクタ10の下面には、パネル状をしたマイクロレンズアレイ34が接着されている。マイクロレンズアレイ34の表面には、複数個のマイクロレンズ35a、35b、35c、35d、35e、35fが一列に形成されている。このマイクロレンズ35a～35fは、レンズを透過した後の光の光軸方向（光束の断面中心を通過する光線の進む方向）がレンズに入射する前の光の光軸方向と一致するレンズ（以下、直進レンズという。）である。このような直進レンズでは、レンズの光軸上を入射してきた光線はレンズの光軸上を通るよ 40 50

うに出射される一般的なレンズであって、光軸の回りに回転対称な形状を有する球面レンズ、非球面レンズ又はアナモルフィックレンズなどがあり、傾斜レンズに比べて、設計・製造が容易で、コストが安い。

【0137】

マイクロレンズ35a~35fの配列ピッチは光ファイバ9a~9fの配列ピッチと等しくなっており、マイクロレンズ35a~35fはそれぞれ光ファイバ9a~9fと光軸が一致するように配置されている。また、マイクロレンズアレイ34の厚みは、各光ファイバ9a~9fの端面が各マイクロレンズ35a~35fのほぼ焦点に位置するように定められている。

【0138】

光ファイバアレイ11に取り付けられたマイクロレンズアレイ34の直下には、プリズムブロック37、フィルタ層17及び導光ブロック16からなる合分波用ブロック36が配置されている。プリズムブロック37はガラス又は透明プラスチック材料からなる略矩形形状をしたブロックであって、図29に示すように、その上面の両端部にはスペーサ38が突設され、両スペーサ38間にはマイクロレンズ35a~35fと等しいピッチで断面三角形形状をした複数のプリズム39a、39b、39c、39d、39e、39fが設けられている。各プリズム39a~39fは等しい傾斜角を有しており、そのうちプリズム39b~39fは等しい方向に傾斜し、プリズム39aだけが他のプリズム39b~39fと反対向きに傾斜している。また、スペーサ38及びプリズム39a~39fは、プリズムブロック37の上面で、前後方向に同一断面形状で延びている。なお、図29に示したプリズムブロック37では、その上面の両端部にスペーサ38が突設されていたが、図42に示すように、プリズムブロック37の上面四周にスペーサ38を形成し、スペーサ38で囲まれた領域に設けられた凹部内に複数のプリズム39a~39fを設けていてもよい。

【0139】

フィルタ層17は、一対のダミーフィルム18aと18bの間に、透過波長域を1、2、3、4とする(図8参照)複数枚のフィルタ17a、17b、17c、17dを並べて構成されている。フィルタ17a~17dはマイクロレンズ35a~35fのピッチと等しい幅に形成されており、フィルタ層17の厚みを均一にするためダミーフィルム18a、18bの厚みは、フィルタ17a~17dの厚みと等しくなっている。なお、フィルタ17a~17d、ダミーフィルム18a、18bは予め薄い透明樹脂フィルム(図示せず)の上に貼り付けて一体化されていてよい。また、各フィルタ17a~17dの下にはポリイミド膜等からなる剥離層が存在していてもよく、また、プリズムブロック37の表面には、ARコート層が形成されていてよい。

【0140】

導光ブロック16は、ガラス、石英又は透明プラスチック材料によって矩形状に形成されており、その下面には反射率の高い誘電体多層膜や金属蒸着膜などからなるミラー層19が形成されている。

【0141】

合分波用ブロック36は、図30に示すように、このフィルタ層17をプリズムブロック37の下面と導光ブロック16の上面との間に挟み込んでプリズムブロック37と導光ブロック16を接合一体化することによって形成される。この実施形態では、フィルタ17a~17dと同じ厚みのダミーフィルム18a、18bを用いているので、フィルタ層17の表面が平らになり、プリズムブロック37を接合するのが容易になる。合分波用ブロック36は、マイクロレンズアレイ14の下に近接させて配置され、プリズム39a~39fはそれぞれマイクロレンズ35a~35fに対向させられる。この結果、マイクロレンズ35a~35f、フィルタ層17及びミラー層19は、互いに平行になるように配置される。

【0142】

このようにして組み立てられた光合分波器8hにおいては、光ファイバ9aから出射され

10

20

30

40

50

た光はマイクロレンズ 35 a によって平行光に変換され、プリズム 39 a で屈折されてプリズムブロック 37 内に入り、ミラー層 19 へ向かう。逆に、ミラー層 19 で反射された後にプリズム 39 a に向かう平行光は、プリズム 39 a で屈折されて光ファイバ 9 a の光軸と平行に進み、マイクロレンズ 35 a によって集光されて光ファイバ 9 a に結合させられる。そして、ダミーフィルム 18 a は、この光の光路上に位置している。

【0143】

また、光ファイバ 9 c から出射された光はマイクロレンズ 35 c によって平行光に変換され、プリズム 39 c で屈折されてプリズムブロック 37 内に入り、ミラー層 19 へ向かう。逆に、ミラー層 19 で反射された後にプリズム 39 c に向かう平行光は、プリズム 39 c で屈折されて光ファイバ 9 c の光軸と平行に進み、マイクロレンズ 35 c によって集光されて光ファイバ 9 c に結合させられる。そして、フィルタ 17 a は、この光の光路上に位置している。

10

【0144】

同様に、光ファイバ 9 d ~ 9 f から出射された光はそれぞれマイクロレンズ 35 d ~ 35 f によって平行光に変換され、プリズム 39 d ~ 39 f で屈折されてプリズムブロック 37 内に入り、ミラー層 19 へ向かう。逆に、ミラー層 19 で反射された後にプリズム 39 d ~ 39 f に向かう平行光は、それぞれプリズム 39 d ~ 39 f で屈折されて光ファイバ 9 d ~ 9 f の光軸と平行に進み、マイクロレンズ 35 d ~ 35 f によって集光されて光ファイバ 9 d ~ 9 f に結合させられる。そして、フィルタ 17 b、17 c、17 d は、それぞれ、これらの光の光路上に位置している。

20

【0145】

なお、各フィルタ 17 a ~ 17 d を透過してプリズムが形成されている平面に戻ってくる位置の間隔は、導光ブロック 16 の厚みによって調整することができる。また、光がプリズム 39 a を透過する位置と、ミラー層 19 で反射しフィルタ 17 a を透過してプリズムが形成されている平面に戻ってくる位置との水平距離は、プリズムブロック 37 の厚みによって調整することができる。よって、プリズムブロック 37 の厚みや導光ブロック 16 の厚みを調整することにより、プリズム 39 c ~ 39 f に戻ってくる光がプリズム 39 c ~ 39 f の位置に一致するように調整することができる。

【0146】

次に、この光合分波器 8 h における光の分波動作を図 28 により説明する。波長 1、2、3、4 の光が光ファイバ 9 a から出射すると、光ファイバ 9 a からマイクロレンズ 35 a に入射した光は、マイクロレンズ 35 a によって平行光に変換された後、プリズム 39 a に入射する。プリズム 39 a に入射した光は、プリズム 39 a を透過する際に光軸方向を曲げられ、プリズムブロック 37 内に斜めに入射し、ダミーフィルム 18 a 及び導光ブロック 16 を透過してミラー層 19 に達する。ミラー層 19 で反射した波長 1、2、3、4 の光は、再び導光ブロック 16 を透過してフィルタ 17 a に到達する。フィルタ 17 a に入射した光のうち、波長 1 の光はフィルタ 17 a を透過してプリズム 39 c に入射し、プリズム 39 c を透過する際に光軸方向を曲げられて、マイクロレンズ 35 c によって光ファイバ 9 c に結合される。従って、光ファイバ 9 c の光出射端からは波長 1 の光のみを取り出すことができる。

30

40

【0147】

一方、フィルタ 17 a で反射された波長 2、3、4 の光は、ミラー層 19 で再度反射してフィルタ 17 b に入射する。フィルタ 17 b に入射した光のうち、波長 2 の光はフィルタ 17 b を透過してプリズム 39 d に入射し、プリズム 39 d を透過する際に光軸方向を曲げられ、マイクロレンズ 35 d によって光ファイバ 9 d に結合される。従って、光ファイバ 9 d の光出射端からは波長 2 の光を取り出すことができる。

【0148】

同様に、フィルタ 17 b で反射された波長 3、4 の光は、さらにミラー層 19 で反射してフィルタ 17 c に入射する。フィルタ 17 c に入射した光のうち、波長 3 の光はフィルタ 17 c を透過してプリズム 39 e に入射し、プリズム 39 e を透過する際に光軸方

50

向を曲げられ、マイクロレンズ 35 e によって光ファイバ 9 e に結合される。従って、光ファイバ 9 e の光出射端からは波長 3 の光を取り出すことができる。

【0149】

さらに、フィルタ 17 c で反射された波長 4 の光は、さらにミラー層 19 で反射してフィルタ 17 d に入射する。フィルタ 17 d を透過した波長 4 の光はプリズム 39 f に入射し、プリズム 39 f を透過する際に光軸方向を曲げられ、マイクロレンズ 35 f によって光ファイバ 9 f に結合される。従って、光ファイバ 9 f の光出射端からは波長 4 の光を取り出すことができる。

【0150】

このようにして光合分波器 8 h は、多重化された光を分波することができる。逆に、光ファイバ 9 c ~ 9 f を伝搬してきた波長 1 ~ 4 の光を多重化させて光ファイバ 9 a から取り出すようにすれば、合波器として利用することができる（図 15 参照）。 10

【0151】

ここで、合分波用ブロック 36 を製造する際の接合方法について説明する。合分波用ブロック 36 を組み立てる場合には、図 30 に示すように、プリズムブロック 37 と導光ブロック 16 の間にフィルタ層 17 を挟み込んでこれらを透明な接着剤によって互いに接着し一体化すればよい。あるいは、導光ブロック 16 の上面にダミーフィルム 18 a、フィルタ 17 a ~ 17 d、ダミーフィルム 18 b を順に並べて接着剤で接着し、その上から接着剤でプリズムブロック 37 の下面を接着してもよい。このとき、ダミーフィルム 18 a 又はダミーフィルム 18 b の端をプリズムブロック 37 の下面の端に合わせるようにすれば、ダミーフィルム 18 a 又は 18 b の幅によってフィルタ 17 a ~ 17 d を位置決めすることができる。 20

【0152】

また、図 31 (a) に示すように、ダミーフィルム 18 a、18 b を用いなくてフィルタ 17 a ~ 17 d のみで（フィルタ 17 a ~ 17 d を薄い透明樹脂フィルムの上に貼っておいてもよい。）フィルタ層 17 を形成し、これをプリズムブロック 37 と導光ブロック 16 との間に挟み込んで接着剤 40 で接着するようにしてもよい。この場合、フィルタ層 17 の外側におけるプリズムブロック 37 と導光ブロック 16 との間の隙間は、接着剤 40 によって埋められる。

【0153】

あるいは、図 32 (a) に示すように、フィルタ層 17 の面積をプリズムブロック 37 の下面及び導光ブロック 16 の上面の面積よりも小さくしておき、このフィルタ層 17 を図 32 (b) のように導光ブロック 16 の上面に接着剤等で接着して仮止めした後、図 32 (c) に示すように、導光ブロック 16 の上にプリズムブロック 37 を重ね、接着剤を用いなくてプリズムブロック 37 の下面と導光ブロック 16 の上面とを接合させると共に、プリズムブロック 37 と導光ブロック 16 との間にフィルタ層 17 を挟み込んでもよい。接着剤を用いなくてプリズムブロック 37 と導光ブロック 16 を接合させる方法としては、圧力を加えて接合させる圧着法、低温の熱を加えて接合させる低温融着法、超音波接合法などを用いることができる。 30

【0154】

また、図 30 に示した例では、ダミーフィルム 18 a 又はダミーフィルム 18 b の幅によってフィルタ 17 a ~ 17 d の位置決めを行ったが、図 33 に示すように、導光ブロック 16 の上面にフィルタ層 17 を位置決めするための溝 41 を設けておいてもよい。すなわち、導光ブロック 16 の上面に設けられた溝 41 は、その幅がフィルタ層 17 の幅にほぼ等しく、その深さがフィルタ層 17 の厚みにほぼ等しくなっているため、この溝 41 にフィルタ層 17 を納めて導光ブロック 16 の上面にプリズムブロック 37 を接合することにより、簡単にフィルタ層 17 の位置決めを行うことができる。 40

【0155】

同様に、図 34 に示すように、プリズムブロック 37 の下面に溝 42 を設けておき、この溝 42 にフィルタ層 17 を納めてプリズムブロック 37 の下面に導光ブロック 16 を接合 50

することにより、簡単にフィルタ層 17 の位置決めを行うことができる。プリズム 39 a ~ 39 f とフィルタ層 17 との位置決めの点からは、プリズムブロック 37 に溝 42 を設けておく方が好ましい。

【0156】

あるいは、図 35 に示すように、プリズムブロック 37 の下面に段差部 43 を設け、導光ブロック 16 の上面にも段差部 44 を設けておき、プリズムブロック 37 と導光ブロック 16 を接合させたとき、段差部 43、44 の間にできる空間にフィルタ層 17 を納めることでフィルタ層 17 の位置決めを行えるようにしてもよい。このような構造では、一方の段差部 43 又は段差部 44 にフィルタ層 17 を接着した後、プリズムブロック 37 と導光ブロック 16 を接合するようにすれば、図 33 又は図 34 のように溝 41 又は 42 にフィルタ層 17 を納めるよりも、フィルタ層 17 の位置決め作業を容易にすることができる。

10

【0157】

次に、この実施形態による光合分波器 8 h で用いられている合分波用ブロック 36 の製造方法を説明する。始めに、プリズムブロック 37 を成形するための金型の製造方法を図 36 ~ 図 39 に従って説明する。まず、ステンレス、アルミ、真鍮等の金属板からなるプレート 45 a、45 b、45 c、45 d、45 e、45 f をプリズム 39 a ~ 39 f の数と等しい枚数だけ用意する。これらのプレート 45 a ~ 45 f は、プリズム 39 a ~ 39 f のピッチと等しい厚みを有し、プリズムブロック 37 の幅と等しい幅を有しており、その表面は鏡面仕上げされている。図 36 (a) に示すように、これらのプレート 45 a ~ 45 f を密着させて重ね合わせ、治具等を用いて圧縮することにより互いにずれ動かないよう一体化する。その状態で図 36 (a) に破線で示す面に沿って、これらのプレート 45 a ~ 45 f の端面を斜めに研削し、研削面を鏡面仕上げする。こうして、図 36 (b) に示すように、各プレート 45 a ~ 45 f の端面を一度に研削することができ、しかも、各プレート 45 a ~ 45 f の端面の研削角度のばらつきを抑えることができる。こうして各プレート 45 a ~ 45 f の端面に形成された傾斜面 46 の傾きは、傾斜面 46 を下に向けたときの傾斜角がプリズム 39 a ~ 39 f の傾きと等しくなっている。

20

【0158】

ついで、図 36 (c) に示すように、一番上の 45 a を裏返して重ね、傾斜面 46 側を揃えて各プレート 45 a ~ 45 f を揃え直す。この状態では、各プレート 45 a ~ 45 f の傾斜面 46 全体によって、プリズムブロック 37 の表面のプリズム形成領域のパターンの反転パターンが形成されている。この状態で各プレート 45 a ~ 45 f を再び治具等で圧縮して一体化した後、図 36 (c) に破線で示す面に沿って傾斜面 46 と反対側の端面を垂直に研削し、この端面どうしを平面に揃える。この結果、図 37 (d) に示すように、プリズムブロック 37 が 1 個分の幅のプリズムパターン成形用部分金型 47 が得られる。上記のようにして得られたプリズムパターン成形用部分金型 47 は、図 37 (e) に示すように、互いに密着させて横に並べて配置され一体化される。

30

【0159】

次に、図 38 (a) に示すように、プリズムブロック 37 の幅と等しい幅の金属製のブロック 48 を密着させて並べ、その端面を図 38 (b) のように加工して成形用ブロック 50 を得る。この成形用ブロック 50 の加工面 49 の形状は、プリズムブロック 37 の上面のうちプリズム形成領域よりも外側の領域 (スペーサー 38 とその隣の凹部) の形状の反転形状となる。これらの成形用ブロック 50 も、プリズムパターン成形用部分金型 47 の配列数と同じだけ密着させて並べられて一体化される。

40

【0160】

さらに、プリズムパターン成形用部分金型 47 の両面をそれぞれ成形用ブロック 50 で挟んで一体化し、図 39 に示すような部分金型 51 を得る。部分金型 51 を構成する各部品 (プレート、成形用ブロック) どうしを一体化する方法としては、適当な治具 (クランプ、ボルト及びナット等) を用いて圧縮することによって機械的に一体化してもよく、耐熱性接着剤を用いて接着してもよい。また、各部品の表面の仕上げ精度が高い場合には、プレート 45 a や成形用ブロック 50 どうしを密着させるだけで接合一体化する。

50

【0161】

図39に示した部分金型51は、図40に示すように金型本体52内に挿入され、部分金型51と金型本体52との間にプリズムブロック37を成形するためのキャビティ53が形成される。金型本体52は成形機の固定盤に固定され、部分金型51は成形機の昇降盤に取り付けられる。しかして、部分金型51を下降させて金型本体52内に挿入し、ゲート口54からキャビティ53内に樹脂を射出させることによりプリズムブロック37が成形される。成形されたプリズムブロック37は、部分金型51を上昇させて金型本体52から抜いた後、エジェクタピン55で突き上げることによって金型本体52から取り出される。

【0162】

図41(a)は上記のようにして成形された複数個分のプリズムブロック37を示す斜視図である。また、図41(a)にはフィルタ層17を納めるための溝41を形成された導光ブロック16(図33の導光ブロック16のように溝を有している場合)を示している。導光ブロック16の成形工程については、省略するが、この導光ブロック16もプリズムブロック37に合わせて複数個分が一体に成形されており、下面にはミラー層19が形成されている。複数個分の導光ブロック16の溝41内には複数個分の長さを有するフィルタ層17が納められ、導光ブロック16とプリズムブロック37が接合一体化され、図41(b)のような複数個分の合分波用ブロック36が得られる。

【0163】

図39に示したような部分金型51を用いて成形された複数個分の合分波用ブロック36では、図41(b)の合分波用ブロック36に破線で示すように、プリズムパターン成形用部分金型47どうしの合わせ面に対応した跡56が生じるので、この跡56に沿って合分波用ブロック36をダイシングソーなどで裁断することにより個々の合分波用ブロック36が得られる。

【0164】

ここでは、複数個分の合分波用ブロック36を一度に成形して量産性を高めるようにしたが、もちろん合分波用ブロック36を1個ずつ成形するようにしても差し支えない。また、ミラー層19は、合分波用ブロック36を組み立てた後、最後にその裏面に形成するようにしてもよい。

【0165】

なお、この実施形態の変形例としては、図示しないが、プリズム39c、39d、39e、39fの表面にそれぞれフィルタ17a、17b、17c、17dを貼り、プリズムブロック37の下面にミラー層19を形成するようにしてもよい。この変形例は、図17に示した光合分波器8bと同様なタイプの光合分波器となる(あるいは、図44参照)。

【0166】

また、図27に示したような構造の光合分波器8hの場合には、2番目のプリズム39bは無くてもよい。しかし、この実施形態では、上記変形例の場合に用いられるプリズムブロックとの共用化を考慮してプリズム39bを設けている。

【0167】

(第9の実施形態)

本発明の第9の実施形態による光合分波器は、光ファイバアレイ11に取り付けたマイクロレンズアレイ14にマイクロレンズ35a~35fとプリズム39a~39fとを集約化し、合分波用ブロック36の形状を単純化したことを特徴としている。図43に示すものは第9の実施形態による光合分波器8iの断面図であって、マイクロレンズアレイ14の構造を除けば、図2等 に示した第1の実施形態と同様な構造を有している。

【0168】

この実施形態で用いられるマイクロレンズアレイ14においては、図44(a)に示すように、マイクロレンズアレイ14の裏面に凹部57を形成し、この凹部57内に直進レンズである複数のマイクロレンズ35a~35fを一行に形成する。また、図44(b)に示すように、マイクロレンズアレイ14の表面にも凹部58を形成し、この凹部58内に

10

20

30

40

50

プリズム 39 a ~ 39 f を一列に形成する。マイクロレンズアレイ 14 の表裏に形成されたプリズム 39 a ~ 39 f とマイクロレンズ 35 a ~ 35 f とは互いに 1 対 1 に対応しており、プリズム 39 a ~ 39 f とマイクロレンズ 35 a ~ 35 f の位置合わせの手間も省かれる。

【0169】

こうして、マイクロレンズアレイ 14 にプリズム 39 a ~ 39 f を設けたので、合分波用ブロック 36 は、プリズム 39 a ~ 39 f の設けられていない単純な矩形状をしたブロック（カバー部材 20）とフィルタ層 17 と導光ブロック 16 によって構成されることになる。

【0170】

このような構造の光合分波器 8 i においても、第 8 の実施形態と同様にして、分波器としての働きと、合波器としての働きをすることができる。

【0171】

また、このような図 44 (a) (b) のようなマイクロレンズアレイ 14 を用いれば、マイクロレンズアレイ 14 と合分波用ブロック 36 との間に空間が生じるので、この空間にフィルタ層 17 を配置することが可能になる。よって、図 45 に示すように、導光ブロック 16 の表面にフィルタ層 17 を配置し、導光ブロック 16 の裏面にミラー層 19 を設けた光合分波器とすることができる。これは導光ブロック 16 内に斜めに光を入射させてフィルタ 17 a ~ 17 e とミラー層 19 の間で光を反射させつつ、フィルタ 17 a ~ 17 e から順次波長 1、2、3、4、5 の光を取り出すことができるものであって、マイクロレンズアレイ 14 の構造を除けば、図 17 に示した光合分波器 8 b 等と同じような構造を有している。

【0172】

（第 10 の実施形態）

図 46 は本発明の第 10 の実施形態による光合分波器 8 j の構造を示す断面図である。この光合分波器 8 j は、マイクロレンズアレイ 14 を除けば、図 2 等 に示した第 1 の実施形態による光合分波器 8 b と同様な構造を有している。

【0173】

この実施形態では、マイクロレンズアレイ 14 の表面に非球面又は球面の直進レンズを一列に配列してマイクロレンズ 35 a、35 c ~ 35 f が形成されている。マイクロレンズ 35 a とマイクロレンズ 35 c ~ 35 f との間には隙間があげられている。各マイクロレンズ 35 a、35 c ~ 35 f は、各光ファイバ 9 a、9 c ~ 9 f の光軸方向に対してそれぞれの光軸をずらせて配置されており、マイクロレンズ 35 a はマイクロレンズ 35 c 側に偏心し、マイクロレンズ 35 c ~ 35 f は全体としてマイクロレンズ 35 a 側に偏心している。

【0174】

しかして、このマイクロレンズアレイ 14 では傾斜レンズは用いていないが、直進レンズであるマイクロレンズ 35 a、35 c ~ 35 f の光軸を光ファイバ 9 a、9 c ~ 9 f の光軸に対してずらせているので、各光ファイバ 9 a、9 c ~ 9 f から出射された光はマイクロレンズ 35 a、35 c ~ 35 f を透過することによって平行光に変換されると共に光の出射方向を斜め方向に曲げられる。また、合分波用ブロック 36 から出射された平行光が各マイクロレンズ 35 a、35 c ~ 35 f に斜めに入射すると、マイクロレンズ 35 a、35 c ~ 35 f を透過することによって光の進む方向を光ファイバ 9 a、9 c ~ 9 f の光軸と平行な方向に曲げられると共に光ファイバ 9 a、9 c ~ 9 f の端面に集光される。

【0175】

よって、この光合分波器 8 j にあっても、第 1 の実施形態による光合分波器 8 a 等と同様にして分波動作や合波動作を行うことができる。

【0176】

（第 11 の実施形態）

図 4 7 は本発明の第 1 1 の実施形態による光合分波器 8 k を示す分解斜視図である。この光合分波器 8 k にあっては、光ファイバ 9 a ~ 9 f と光ファイバ 5 9 a ~ 5 9 f の二組の平行な光ファイバ束の先端部がコネクタ 1 0 に保持されて光ファイバアレイ 1 1 が構成されている。ここで、光ファイバ 9 a ~ 9 f と光ファイバ 5 9 a ~ 5 9 f とが図 4 7 に示すように反対側から順に並んでいるとすると、光ファイバ 9 c と光ファイバ 5 9 e とが前後方向に対向し、光ファイバ 9 d と光ファイバ 5 9 d とが前後方向に対向し、光ファイバ 9 e と光ファイバ 5 9 c とが前後方向に対向している。マイクロレンズアレイ 1 4 には、光ファイバ 9 a 、 9 c ~ 9 f の各端面に対応してマイクロレンズ 1 2 a 、 1 2 c ~ 1 2 f が設けられ、光ファイバ 5 9 a 、 5 9 c ~ 5 9 f の各端面に対応してマイクロレンズ 6 0 a 、 6 0 c ~ 6 0 f が設けられている。合分波用ブロック 3 6 は、裏面にミラー層 1 9 を形成された導光ブロック 1 6 とカバー部材 2 0 との間に、フィルタ 1 7 a ~ 1 7 d からなるフィルタ層 1 7 を挟み込んだものである。

10

【 0 1 7 7 】

図 4 8 は光ファイバ 9 a ~ 9 f を含む平面で断面した図である。光合分波器 8 k は、この断面では分波器として働いており、光ファイバ 9 a から入射した波長 1 、 2 、 3 、 4 の多重化光信号は光合分波器 8 k により分波され、波長 1 の光信号が光ファイバ 9 c へ入射し、波長 2 の光信号が光ファイバ 9 d へ入射し、波長 3 の光信号が光ファイバ 9 e へ入射し、波長 4 の光信号が光ファイバ 9 f へ入射する。この際の実施形態で説明した通りである（図 1 4 の説明を参照）。

20

【 0 1 7 8 】

また、図 4 9 は光ファイバ 5 9 a ~ 5 9 f を含む平面で断面した図である。光合分波器 8 k は、この断面では合波器として働いており、光ファイバ 5 9 f から入射した波長 1 の光信号と、光ファイバ 5 9 e から入射した波長 2 の光信号と、光ファイバ 5 9 d から入射した波長 3 の光信号と、光ファイバ 5 9 c から入射した波長 4 の光信号は光合分波器 8 k により合波され、光ファイバ 5 9 a には多重化された波長 1 、 2 、 3 、 4 の光信号が入射する。この際の合波動作は、第 1 の実施形態で説明した通りである（図 1 5 の説明を参照）。

【 0 1 7 9 】

従って、この光合分波器 8 k では、図 5 0 に示すように、光ファイバ 9 a ~ 9 f 、マイクロレンズ 1 2 a 、 1 2 c ~ 1 2 f 及びフィルタ層 1 7 の一部によって分波部が構成されており、光ファイバ 5 9 a ~ 5 9 f 、マイクロレンズ 6 0 a 、 6 0 c ~ 6 0 f 及びフィルタ層 1 7 の一部によって合波部が構成されており、分波部と合波部とでフィルタ 1 7 a ~ 1 7 d を共用している。

30

【 0 1 8 0 】

図 5 1 は上記光合分波器 8 k の使用状態を説明する模式図である。一方の局に設置されている光合分波器 8 k と他方の局に設置されている光合分波器 8 k とが 2 芯の光ファイバケーブル 6 1 、 6 2 によって接続されている。すなわち、一方の局に設置されている光合分波器 8 k の合波部の光ファイバ 5 9 a と他方の局に設置された光合分波器 8 k の分波部の光ファイバ 9 a とが光ファイバケーブル 6 1 によって接続されており、他方の局に設置されている光合分波器 8 k の合波部の光ファイバ 5 9 a と一方の局に設置されている光合分波器 8 k の分波部の光ファイバ 9 a とが光ファイバケーブル 6 2 によって接続されている。

40

【 0 1 8 1 】

しかして、一方の局では、光合分波器 8 k によって波長 1 、 2 、 3 、 4 の光信号を合波して多重化された波長 1 ~ 4 の光信号を 1 本の光ファイバケーブル 6 1 によって他方の局へ伝送する。この多重化された光信号を受信した他方の局の光合分波器 8 k では、多重化された光信号を光合分波器 8 k で分波し、各波長 1 、 2 、 3 、 4 の光信号を個別に取り出す。同時に、他方の局では、光合分波器 8 k によって波長 1 、 2 、 3 、 4 の光信号を合波して多重化された波長 1 ~ 4 の光信号を 1 本の光ファイバケーブル 6 2 によって一方の局へ伝送する。この多重化された光信号を受信した一方の

50

局の光合分波器 8 k では、多重化された光信号を光合分波器 8 k で分波し、各波長 1、2、3、4 の光信号を個別に取り出す。

【0182】

図 4 7 の実施形態では、合波部の光ファイバ 5 9 a ~ 5 9 f 及びマイクロレンズ 6 0 a、6 0 c ~ 6 0 f は、分波部の光ファイバ 9 a ~ 9 f 及びマイクロレンズ 1 2 a、1 2 c ~ 1 2 f とは反対方向に向けて順次配置され、波長 1 の光に順次波長 2 の光、波長 3 の光、波長 4 の光という順に合波している。これとは逆に、合波部の光ファイバ 5 9 a ~ 5 9 f 及びマイクロレンズ 6 0 a、6 0 c ~ 6 0 f を、分波部の光ファイバ 9 a ~ 9 f 及びマイクロレンズ 1 2 a、1 2 c ~ 1 2 f と同じ方向に向けて順次配置し、波長 4 の光に順次波長 3 の光、波長 2 の光、波長 1 の光という順に合波するように構成することも可能である。

【0183】

図 5 2 (a) は前者のように構成された光合分波器 8 k を用いて、一方の局の光合分波器 8 k の合波部の光ファイバ 5 9 a と他方の局の光合分波器 8 k の分波部の光ファイバ 9 a とを光ファイバケーブル 6 1 によって接続した様子を表している。また、図 5 2 (b) は後者のように構成された光合分波器 8 k を用いて、一方の局の光合分波器 8 k の合波部の光ファイバ 5 9 a と他方の局の光合分波器 8 k の分波部の光ファイバ 9 a とを光ファイバケーブル 6 1 によって接続した様子を表している。図 5 2 (a) の場合と図 5 2 (b) の場合とを比較すると、図 5 2 (b) の場合には、波長 4 の光を始めに導入して、そこに波長 3 の光を合波させ、次に波長 2 の光を合波させ、次に波長 1 の光を合波させて光ファイバケーブル 6 1 で他方の局へ送り、他方の局では受信した光信号から波長 1 の光を分波して取り出し、次に波長 2 の光を分波して取り出し、次に波長 3 の光を分波して取り出し、最後に波長 4 の光を取り出している。従って、このような構成によれば、一方の局で最初に入射した波長 4 の光が他方の局では最後に取り出され、一方の局で最後に合波された波長 1 の光が他方の局では最初に取り出されており (F I L O)、一方の局の光合分波器 8 k に入射してから他方の局の光合分波器 8 k から出射するまでの光路長が波長によって異なってしまう。そのため、光の波長によって減衰の度合いが異なったり、位相が異なったりすることになり、波長によって特性が変化する恐れがある。

【0184】

これに対し、図 4 7 のような実施形態にあたる図 5 2 (a) の場合には、波長 1 の光を始めに導入して、そこに波長 2 の光を合波させ、次に波長 3 の光を合波させ、次に波長 4 の光を合波させて光ファイバケーブル 6 1 で他方の局へ送り、他方の局では受信した光信号から波長 1 の光を分波して取り出し、次に波長 2 の光を分波して取り出し、次に波長 3 の光を分波して取り出し、最後に波長 4 の光を取り出している。従って、図 4 7 及び図 5 2 (a) のような構成によれば、一方の局で最初に入射した波長 1 の光が他方の局では最初に取り出され、一方の局で最後に合波された波長 4 の光が他方の局では最後に取り出されており (F I F O)、一方の局の光合分波器 8 k に入射してから他方の局の光合分波器 8 k から出射するまでの光路長が波長によらずほぼ一定となる。そのため、波長によって光信号の減衰の度合いが異なったり、位相が異なったりすることがなく、波長によらず伝送特性を均一化することができる。

【0185】

図 5 3 は本発明の第 1 1 の実施形態の変型例による光合分波器 8 m の構造を示す分解斜視図である。この光合分波器 8 m では、マイクロレンズアレイ 1 4 の表面には、直進レンズで構成されたマイクロレンズ 3 5 a、3 5 c ~ 3 5 f と、直進レンズで構成されたマイクロレンズ 7 3 a、7 3 c ~ 7 3 f とが 2 列に配列されている。また、下面にミラー層 1 9 を形成された導光ブロック 1 6 とプリズムブロック 3 7 との間にフィルタ層 1 7 を挟み込んで合分波用ブロック 3 6 が構成されている。プリズムブロック 3 7 の上面には、プリズム 3 9 a ~ 3 9 f とプリズム 7 4 a ~ 7 4 f とが 2 列に配列されている。そして、マイクロレンズ 3 5 a、3 5 c ~ 3 5 f とプリズム 3 9 a、3 9 c ~ 3 9 f によって、図 4 7 の光合分波器 8 k におけるマイクロレンズ 1 2 a、1 2 c ~ 1 2 f の働きをしており、マイ

クロレンズ 73 a、73 c ~ 73 f とプリズム 74 a、74 c ~ 74 f によってマイクロレンズ 60 a、60 c ~ 60 f の働きをしている。

【0186】

図 5 4 は本発明の第 1 1 の実施形態の別な変型例による光合分波器 8 n の構造を示す分解斜視図である。この光合分波器 8 n にあっては、図 5 5 に示すように、マイクロレンズアレイ 1 4 の裏面に、直進レンズで構成されたマイクロレンズ 35 a、35 c ~ 35 f と、直進レンズで構成されたマイクロレンズ 73 a、73 c ~ 73 f とが 2 列に配列されている。また、マイクロレンズアレイ 1 4 の表面には、プリズム 39 a ~ 39 f とプリズム 74 a ~ 74 f とが 2 列に配列されている。また、下面にミラー層 1 9 を形成された導光ブロック 1 6 とカバー部材 2 0 との間にフィルタ層 1 7 を挟み込んで合分波用ブロック 3 6 が構成されている。そして、マイクロレンズ 35 a、35 c ~ 35 f とプリズム 39 a、39 c ~ 39 f によって、図 4 7 の光合分波器 8 k におけるマイクロレンズ 1 2 a、1 2 c ~ 1 2 f の働きをしており、マイクロレンズ 73 a、73 c ~ 73 f とプリズム 74 a、74 c ~ 74 f によってマイクロレンズ 60 a、60 c ~ 60 f の働きをしている。

10

【0187】

(第 1 2 の実施形態)

図 5 6 は本発明の第 1 2 の実施形態による光合分波器 8 p を示す断面図である。第 1 1 の実施形態による光合分波器 8 k では、光合分波器 8 k どうしを結ぶのに 2 本の光ファイバケーブル 6 1、6 2 が必要であったが、第 1 2 の実施形態では 1 本の光ファイバケーブル 6 1 で光合分波器 8 p どうしを結ぶことができるようにしている。

20

【0188】

この光合分波器 8 p にあっては、分波部と合波部とが一体に形成されている。分波部は、光ファイバアレイ 1 1 に保持された光ファイバ 9 a、9 c、9 d、9 e、9 f、マイクロレンズ 1 2 a、1 2 c、1 2 d、1 2 e、1 2 f 及びフィルタ 1 7 a、1 7 b、1 7 c、1 7 d によって構成されている。ここで、フィルタ 1 7 a は波長 1 の光を透過させ他の波長域の光を反射させる特性を有し、フィルタ 1 7 b は波長 2 の光を透過させ他の波長域の光を反射させる特性を有し、フィルタ 1 7 c は波長 3 の光を透過させ他の波長域の光を反射させる特性を有し、フィルタ 1 7 d は波長 4 の光を透過させ他の波長域の光を反射させる特性を有する。

【0189】

光合分波器 8 p の合波部は、光ファイバアレイ 1 1 に保持された光ファイバ 5 9 a、5 9 c、5 9 d、5 9 e、5 9 f、マイクロレンズ 60 a、60 c、60 d、60 e、60 f 及びフィルタ 6 3 a、6 3 b、6 3 c、6 3 d によって構成されている。ここで、フィルタ 6 3 a は波長 5 の光を透過させ他の波長域の光を反射させる特性を有し、フィルタ 6 3 b は波長 6 の光を透過させ他の波長域の光を反射させる特性を有し、フィルタ 6 3 c は波長 7 の光を透過させ他の波長域の光を反射させる特性を有し、フィルタ 6 3 d は波長 8 の光を透過させ他の波長域の光を反射させる特性を有する。

30

【0190】

合波部の光ファイバ 5 9 a は、端面を分波部のマイクロレンズ 1 2 a と 1 2 c の間に配置されたマイクロレンズ 1 2 b に対向させるようにして分波部に接続されている。また、フィルタ層 1 7 内のフィルタ 1 7 a と隣接する位置には、波長 1、2、3、4 の光を透過させ、波長 5、6、7、8 の光を反射させる特性を有するフィルタ 6 4 が配置されている。

40

【0191】

この光合分波器 8 p の分波部においては、波長 1、2、3、4 の多重化された光信号が光ファイバ 9 a から出射されると、この光信号は 1 2 a で平行光化されると共に光軸方向を曲げられ、フィルタ 6 4 に入射する。波長 1、2、3、4 の光はフィルタ 6 4 を透過し、ミラー層 1 9 で反射した後、波長 1 の光のみがフィルタ 1 7 a を透過し、マイクロレンズ 1 2 c によって光ファイバ 9 c に結合させられる。また、フィルタ 1 7 a で反射した波長 2、3、4 の光は、再びミラー層 1 9 で反射した後、波長 2

50

の光のみがフィルタ 17 b を透過し、マイクロレンズ 12 d によって光ファイバ 9 d に結合させられる。また、フィルタ 17 b で反射した波長 3、4 の光は、再びミラー層 19 で反射した後、波長 3 の光のみがフィルタ 17 c を透過し、マイクロレンズ 12 e によって光ファイバ 9 e に結合させられる。また、フィルタ 17 c で反射した波長 4 の光は、再びミラー層 19 で反射した後、波長 4 の光のみがフィルタ 17 d を透過し、マイクロレンズ 12 f によって光ファイバ 9 f に結合させられる。

【0192】

また、この光合分波器 8 p の合波部においては、各光ファイバ 59 c、59 d、59 e、59 f から波長 5、6、7、8 の光が出射されると、光ファイバ 59 f から出射された波長 8 の光がマイクロレンズ 60 f で光軸方向を曲げられた後、フィルタ 63 d を透過した後にミラー層 19 で反射され、フィルタ 63 c に入射する。一方、光ファイバ 59 e から出射された波長 7 の光はマイクロレンズ 60 e で光軸方向を曲げられた後にフィルタ 63 c を透過する。そして、フィルタ 63 c を透過した波長 7 の光とフィルタ 63 c で反射した波長 8 の光は、ミラー層 19 で反射した後、フィルタ 63 b に入射する。一方、光ファイバ 59 d から出射された波長 6 の光はマイクロレンズ 60 d で光軸方向を曲げられた後にフィルタ 63 b を透過する。そして、フィルタ 63 b を透過した波長 6 の光とフィルタ 63 b で反射した波長 8 及び 7 の光は、ミラー層 19 で反射した後、フィルタ 63 a に入射する。一方、光ファイバ 59 c から出射された波長 5 の光はマイクロレンズ 60 c で光軸方向を曲げられた後にフィルタ 63 a を透過する。そして、フィルタ 63 a を透過した波長 5 の光とフィルタ 63 a で反射した波長 8、7 及び 6 の光は、ミラー層 19 で反射した後、マイクロレンズ 60 a に入射して光ファイバ 59 a に結合される。

【0193】

こうして光ファイバ 59 a に入射した波長 5、6、7 及び 8 の光は、光ファイバ 59 a を伝搬して光ファイバ 59 a の他端から出射される。光ファイバ 59 a の他端から出射された波長 5、6、7 及び 8 の光は、マイクロレンズ 12 b で曲げられた後にフィルタ 64 に入射し、フィルタ 64 で反射してマイクロレンズ 12 a に入射し、光ファイバ 9 a に結合される。

【0194】

この光合分波器 8 p は、図 57 に示すように、一方の局に設置された光合分波器 8 p と他方の局に設置された光合分波器 8 p' とを 1 本の光ファイバケーブル 61 で接続して通信するものであり、いずれの光合分波器 8 p、8 p' も光ファイバ 9 a に光ファイバケーブル 61 が接続される。

【0195】

ただし、上記光合分波器 8 p とつながれる光合分波器 8 p' では、光合分波器 8 p とはフィルタ 17 a ~ 17 d、63 a ~ 63 d の配置が異なっており、かつ、合波部と分波部とが入れ替わっている。すなわち、光合分波器 8 p' では、光ファイバ 9 a、9 c、9 d、9 e、9 f、マイクロレンズ 12 a、12 c、12 d、12 e、12 f 及びフィルタ 17 a、17 b、17 c、17 d によって合波部が構成されており、フィルタ 17 a ~ 17 d の配列が光合分波器 8 p とは逆になっている。

【0196】

光合分波器 8 p' では、光ファイバ 59 a、59 c、59 d、59 e、59 f、マイクロレンズ 60 a、60 c、60 d、60 e、60 f 及びフィルタ 63 a、63 b、63 c、63 d によって分波部が構成されており、フィルタ 63 a ~ 63 d の配列が光合分波器 8 p とは逆になっている。

【0197】

しかして、光合分波器 8 p で波長 5 ~ 8 の光信号が合波された後、その多重光信号は光ファイバケーブル 61 によって光合分波器 8 p' へ送られ、光合分波器 8 p' で各波長 5 ~ 8 に分波され、各波長 5 ~ 8 の光信号が取り出される。ここで、例えば波長 8 の光は光合分波器 8 p で最初に合波されて光合分波器 8 p' で最初に分波され、また

、波長 5 の光は光合分波器 8 p で最後に合波されて光合分波器 8 p' で最後に分波されており、各波長 5 ~ 8 の光信号の伝送距離（光路長）は互いに等しくなっている。

【0198】

同様に、光合分波器 8 p' で波長 1 ~ 4 の光信号が合波された後、その多重光信号は同じ光ファイバケーブル 6 1 によって光合分波器 8 p へ送られ、光合分波器 8 p で各波長 1 ~ 4 に分波され、各波長 1 ~ 4 の光信号が取り出される。ここで、例えば波長 1 の光は光合分波器 8 p' で最初に合波されて光合分波器 8 p で最初に分波され、また、波長 4 の光は光合分波器 8 p' で最後に合波されて光合分波器 8 p で最後に分波されており、各波長 1 ~ 4 の光信号の伝送距離（光路長）は互いに等しくなっている。

【0199】

なお、光合分波器 8 p、8 p' の合波部と分波部とは、図 5 6 では直列に配置されているが、横に並べて並列に配置しても良い。

【0200】

図 5 8 は第 1 2 の実施形態の変型例による光合分波器 8 q である。上記光合分波器 8 p では、合波部と分波部とを光ファイバ 5 9 a でつないでいたが、図 5 8 の光合分波器 8 q では、2 つの直角三角形形状の凹部 6 5、6 6 を用いて合波部と分波部とを結んでいる。すなわち、この変型例では、カバー部材 2 0 の上面に断面直角三角形形状をした凹部 6 5、6 6 が設けられており、合波部で合波された波長 5、6、7、8 の光は、凹部 6 5 及び 6 6 で全反射することによってフィルタ 6 4 に入射し、フィルタ 6 4 で反射した後に光ファイバ 9 a に結合される。

【0201】

図 5 9 は第 1 2 の実施形態の別な変型例による光合分波器 8 r の構造を示す概略断面図である。この光号分波器 8 r にあつては、次のような構成によって図 5 6 の光合分波器 8 p と同様な光合分波器を作製している。マイクロレンズアレイ 1 4 の下面に光ファイバ 9 a、9 c ~ 9 f の端面に対向させて直進レンズからなるマイクロレンズ 3 5 a、3 5 c ~ 3 5 f を設け、光ファイバ 5 9 c ~ 5 9 f の端面に対向させて直進レンズからなるマイクロレンズ 7 3 c ~ 7 3 f を設け、逆 U 字状に曲げた光ファイバ 5 9 a の両端に対向させてマイクロレンズ 7 3 a 及び 3 5 b を設けている。また、下面にミラー層 1 9 を形成された導光ブロック 1 6 とプリズムブロック 3 7 の間にフィルタ層 1 7 を挟み込んで合分波用ブロック 3 6 を構成している。プリズムブロック 3 7 の上面には、マイクロレンズ 3 5 a ~ 3 5 f に対向させてプリズム 3 9 a ~ 3 9 f を形成してあり、マイクロレンズ 7 3 a、7 3 c ~ 7 3 f に対向させてプリズム 7 4 a、7 4 c ~ 7 4 f を形成している。なお、マイクロレンズ 7 3 b 及びプリズム 7 4 b は無くてもよいものである。

【0202】

（第 1 3 の実施形態）

上記各実施形態では、光ファイバを用いて光合分波器に各波長の光を入力させ、光ファイバを用いて光合分波器から各波長の光を取り出している。しかし、光ファイバを用いないで半導体レーザー素子（LD）等の発光素子を光合分波器の光入射箇所に実装し、あるいは、フォトダイオード（PD）やフォトリスタ等の受光素子を光合分波器の光出射箇所に実装してもよい。

【0203】

例えば、図 6 0 に示す光合分波器（トランスポンダ）8 s は、図 5 6 に示した光合分波器 8 p を基にしたものである。この場合であれば、光ファイバケーブルとつなぐための光ファイバ 9 a と、合波部及び分波部を結ぶ光ファイバ 5 9 a だけを残し、マイクロレンズ 1 2 c ~ 1 2 f に対向させてマイクロレンズアレイ 1 4 の上にそれぞれ受光素子 6 8 c、6 8 d、6 8 e、6 8 f（例えば、受光素子を一体化した受光素子アレイ）を実装し、マイクロレンズ 6 0 c ~ 6 0 f に対向させてマイクロレンズアレイ 1 4 の上にそれぞれ発光波長 1、2、3、4 の発光素子 6 7 c、6 7 d、6 7 e、6 7 f（例えば、発光素子を一体化した発光素子アレイ）を実装すればよい。受光素子 6 8 c ~ 6 8 f は、その光軸方向（受光素子の最大感度方向、もしくは受光素子の受光面に垂直な方向）がフィルタ

10

20

30

40

50

層 17 に垂直な方向を向くように配置されており、発光素子 67c ~ 67f は、その光軸方向（発光強度が最大の方向、もしくは発光素子の発光面に垂直な方向）がフィルタ層 17 に垂直な方向を向くように配置されている。

【0204】

このようにして構成された光合分波器 8s によれば、発光素子 67c ~ 67f を駆動して直接光信号を多重送信させることができ、また、受光素子 68c ~ 68f によって光信号を直接受光させることができる。ここで、受光素子 68c ~ 68f として受光素子アレイを用いれば、個別の素子を用いるよりもコストを抑えることができ、その場合には、本発明のように受光素子アレイを傾けることなく実装できれば、光路長の長くなる素子でインサクションロスが大きくなったり、光合分波器のサイズが大きくなったりするのを防止できる。発光素子 67c ~ 67f についても同様である。

10

【0205】

図 61 は第 13 の実施形態の変形例による光合分波器 8t の構造を示す概略断面図である。この光合分波器 8t にあっては、次のような構成によって図 60 の光合分波器 8s と同様なトランスポンダを作製している。マイクロレンズアレイ 14 の下面には、光ファイバ 9a 及び受光素子 68c ~ 68f に対向させて直進レンズからなるマイクロレンズ 35a、35c ~ 35f を設け、発光素子 67c ~ 67f に対向させて直進レンズからなるマイクロレンズ 73c ~ 73f を設け、逆 U 字状に曲げた光ファイバ 59a の両端に対向させてマイクロレンズ 73a 及び 35b を設けている。また、下面にミラー層 19 を形成された導光ブロック 16 とプリズムブロック 37 の間にフィルタ層 17 を挟み込んで合分波用ブロック 36 を構成している。プリズムブロック 37 の上面には、マイクロレンズ 35a ~ 35f に対向させてプリズム 39a ~ 39f を形成してあり、マイクロレンズ 73a、73c ~ 73f に対向させてプリズム 74a、74c ~ 74f を形成している。

20

【0206】

（第 14 の実施形態）

図 62 は本発明の第 14 の実施形態による光合分波器（トランスポンダ）8u を示す断面図である。この実施形態では、導光板 70 の下面にマイクロレンズ 12a、12c、12d、12e、12f を設け、マイクロレンズ 12a に対向させて導光板 70 の上面に光ファイバ 71 を接続し、マイクロレンズ 12c ~ 12d に対向させて導光板 70 の上に発光波長 1、2、3、4 の発光素子 67c、67d、67e、67f（例えば、発光素子を一体化した発光素子アレイ）を実装し、マイクロレンズ 12c ~ 12f の下に合波用に構成された合分波用ブロック 36 を配置している。また、光ファイバ 71 の端面とマイクロレンズ 12a との間において、導光板 70 内にはフィルタ 64 が 45 度の角度で埋め込まれている。導光板 70 は合分波用ブロック 36 の幅よりも長くなっており、導光板 70 の合分波用ブロック 36 から張り出した領域において導光板 70 の上面には波長 5 の光のみを透過させる回折素子 72a、波長 6 の光のみを透過させる回折素子 72b、波長 7 の光のみを透過させる回折素子 72c、波長 8 の光のみを透過させる回折素子 72d が形成され、各回折素子 72a ~ 72d の上に受光素子 68c ~ 68f（例えば、受光素子を一体化した受光素子アレイ）を実装している。発光素子 67c ~ 67f は、その光軸方向がフィルタ 17a ~ 17d 又は導光板 70 に垂直な方向を向くように配置されており、受光素子 68c ~ 68f も、その光軸方向がフィルタ 17a ~ 17d に垂直な方向を向くように配置されている。

30

40

【0207】

しかして、各発光素子 67c ~ 67f から出射された波長 1、2、3、4 の光は合分波用ブロック 36 で合波されて合分波用ブロック 36 から出射され、マイクロレンズ 12a で光軸方向を曲げられた後にフィルタ 64 を透過して光ファイバ 71 に結合され、光ファイバ 71 から送信される。また、光ファイバ 71 から受信した波長 5、6、7、8 の多重伝送信号は、フィルタ 64 によって導光板 70 の張り出し側へ反射され、導光板 70 の上面と下面で全反射を繰り返しながら導光板 70 内を伝搬する。導光板 70 内を伝搬する光が、回折素子 72a に入射すると、波長 5 の光だけが回折素子 72a を

50

透過して受光素子 68c に受光される。また、導光板 70 内を伝搬する光が、回折素子 72b、72c 又は 72d に入射すると、それぞれ波長 6、7 又は波長 8 の光だけが回折素子 72b、72c 又は 72d を透過し、それぞれ受光素子 68d、68e、68f に受光される。なお、上記回折素子としては、回折格子のほか CGH 素子なども用いることができる。

【0208】

図 63 は第 14 の実施形態の変形例による光合分波器 8v の構造を示す概略断面図である。この光合分波器 8v にあっては、次のような構成によって図 62 の光合分波器 8u と同様なトランスポンダを作製している。マイクロレンズアレイ 14 の下面には、光ファイバ 71 及び発光素子 67c ~ 67f に対向させて直進レンズからなるマイクロレンズ 35a、35c ~ 35f を設けている。また、下面にミラー層 19 を形成された導光ブロック 16 とプリズムブロック 37 の間にフィルタ層 17 を挟み込んで合分波用ブロック 36 を構成している。プリズムブロック 37 の上面には、マイクロレンズ 35a、35c ~ 35f に対向させてプリズム 39a、39c ~ 39f を形成している。

10

【0209】

【発明の効果】

本発明の光合分波器は、レンズやプリズム等からなる偏向素子を備えており、偏向素子によって光の光軸方向を曲げることができる。したがって、多重化された光を伝搬する光ファイバ等の伝送手段と、分波後の光を伝搬する光ファイバや分波後の光を受光する受光素子あるいは合波前の光を出射する発光素子等の光入出力手段とが平行に並んでいる面と、波長選択素子の配列している面や光反射面とを互いに平行に配置することができ、製造も容易で、分波又は合波される波長の数を増やしても小型の光合分波器を得ることができる。

20

【図面の簡単な説明】

【図 1】従来例による光合分波器の構造を説明するための概略図である。

【図 2】本発明の第 1 の実施形態による光合分波器の構造を示す分解斜視図である。

【図 3】第 1 の実施形態による光合分波器の、各光ファイバアレイのコアを通る面における概略断面図である。

【図 4】第 1 の実施形態による光合分波器の側面図である。

【図 5】マイクロレンズアレイの下面図である。

30

【図 6】光ファイバから出射され、他の光ファイバに入射する光の光路を説明する説明図である。

【図 7】(a)(b) は、マイクロレンズの形状を説明する平面図及び正面図である。

【図 8】各フィルタの特性とダミーフィルム及び AR コート層の特性を示す図であって、横軸は光の波長、縦軸は光透過率を示す。

【図 9】(a) ~ (e) はフィルタ層の製造工程を説明する図である。

【図 10】(f)(g) は図 9 (e) の後の工程を説明する図である。

【図 11】フィルタ層の製造方法を説明する図である。

【図 12】(a) ~ (d) はフィルタ層の別な製造工程を説明する図である。

【図 13】(e) ~ (g) は図 12 (d) の後の工程を説明する図である。

40

【図 14】第 1 の実施形態による光合分波器の分波動作を説明する概略断面図である。

【図 15】第 1 の実施形態による光合分波器の合波動作を説明する概略断面図である。

【図 16】本発明の光合分波器をケーシングに納めた状態を示す概略断面図である。

【図 17】本発明の第 2 の実施形態による光合分波器の一部破断した概略断面図である。

【図 18】本発明の第 2 の実施形態の変形例を示す一部破断した概略断面図である。

【図 19】本発明の第 3 の実施形態による光合分波器の一部破断した概略断面図である。

【図 20】本発明の第 4 の実施形態による光合分波器の一部破断した概略断面図である。

【図 21】(a) ~ (e) は、同上の実施形態に用いられるフィルタ層の製造方法を説明する図である。

【図 22】本発明の第 5 の実施形態による光合分波器の一部破断した概略断面図である。

50

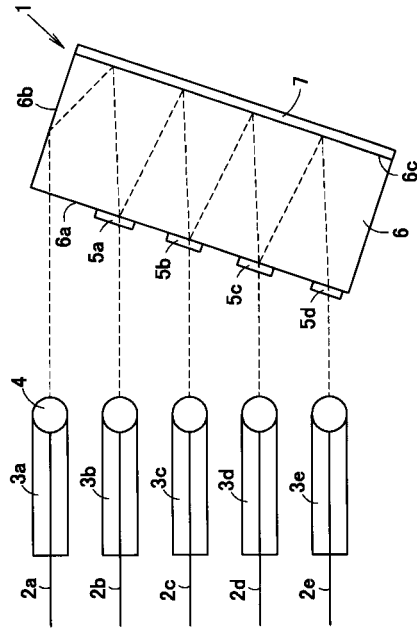
- 【図 2 3】本発明の第 5 の実施形態の変形例を示す一部破断した概略断面図である。
- 【図 2 4】(a) ~ (d) は、第 5 の実施形態による光合分波器に用いられるフィルタ層の製造工程を説明する図である。
- 【図 2 5】本発明の第 6 の実施形態による光合分波器の一部破断した概略断面図である。
- 【図 2 6】本発明の第 7 の実施形態による光合分波器の概略断面図である。
- 【図 2 7】本発明の第 8 の実施形態による光合分波器の分解斜視図である。
- 【図 2 8】第 8 の実施形態による光合分波器の断面図である。
- 【図 2 9】同上の光合分波器に用いられるプリズムブロックの斜視図である。
- 【図 3 0】合分波用ブロックの製造方法を示す概略図である。
- 【図 3 1】(a) (b) は、合分波用ブロックの別な製造方法を示す概略図である。 10
- 【図 3 2】(a) (b) (c) は、合分波用ブロックのさらに別な製造方法を示す概略図である。
- 【図 3 3】合分波用ブロックのさらに別な製造方法を示す概略図である。
- 【図 3 4】合分波用ブロックのさらに別な製造方法を示す概略図である。
- 【図 3 5】合分波用ブロックのさらに別な製造方法を示す概略図である。
- 【図 3 6】(a) (b) (c) は、プリズムブロックを成形するためのプリズムパターン成形用部分金型の製造工程を示す斜視図である。
- 【図 3 7】(d) (e) は、図 3 6 (c) の後の工程を示す斜視図である。
- 【図 3 8】(a) (b) は、成形用ブロックの製造方法を示す斜視図である。
- 【図 3 9】部分金型の斜視図である。 20
- 【図 4 0】プリズムブロックを成形するための金型を示す断面図である。
- 【図 4 1】(a) (b) は合分波用ブロックの組立工程を示す斜視図である。
- 【図 4 2】プリズムブロックの別な形状を示す斜視図である。
- 【図 4 3】本発明の第 9 の実施形態による光合分波器の概略断面図である。
- 【図 4 4】(a) は同上の光合分波器に用いられているマイクロレンズアレイの裏面側からの斜視図、(b) はそのマイクロレンズアレイの表面側からの斜視図である。
- 【図 4 5】第 9 の実施形態による光合分波器の作用説明図である。
- 【図 4 6】本発明の第 10 の実施形態による光合分波器の概略断面図である。
- 【図 4 7】本発明の第 11 の実施形態による光合分波器の分解斜視図である。
- 【図 4 8】同上の光合分波器の作用説明のための断面図である。 30
- 【図 4 9】同上の光合分波器の作用説明のための別な断面における断面図である。
- 【図 5 0】同上の光合分波器の作用説明のための斜視図である。
- 【図 5 1】同上の光合分波器のリンク状態を示す概略図である。
- 【図 5 2】(a) (b) は上記リンク状態と異なるリンク状態とを比較して、作用を説明する図である。
- 【図 5 3】本発明の第 11 の実施形態の変形例を示す分解斜視図である。
- 【図 5 4】本発明の第 11 の実施形態の別な変形例を示す分解斜視図である。
- 【図 5 5】(a) は図 5 4 の変形例による光合分波器に用いられているマイクロレンズアレイの裏面側からの斜視図、(b) はそのマイクロレンズアレイの表面側からの斜視図である。 40
- 【図 5 6】本発明の第 12 の実施形態による光合分波器の概略断面図である。
- 【図 5 7】同上の光合分波器のリンク状態を示す概略図である。
- 【図 5 8】本発明の第 12 の実施形態の変形例を示す概略断面図である。
- 【図 5 9】本発明の第 12 の実施形態の別な変形例を示す概略断面図である。
- 【図 6 0】本発明の第 13 の実施形態による光合分波器の概略断面図である。
- 【図 6 1】本発明の第 13 の実施形態の変形例を示す概略断面図である。
- 【図 6 2】本発明の第 14 の実施形態による光合分波器の概略断面図である。
- 【図 6 3】本発明の第 14 の実施形態の変形例を示す概略断面図である。
- 【符号の説明】 9 a ~ 9 l 光ファイバ
- 1 0 コネクタ

1 1 光ファイバアレイ
1 2 a ~ 1 2 l マイクロレンズ
1 3 剥離膜
1 4 マイクロレンズアレイ
1 6 導光ブロック
1 7 フィルタ層
1 7 a、1 7 b、1 7 c、1 7 d、1 7 e フィルタ
1 8 a、1 8 b ダミーフィルム
1 9 ミラー層
2 0 カバー部材
2 1 A Rコート層
3 4 マイクロレンズアレイ
3 5 a ~ 3 5 f マイクロレンズ
3 6 合分波用ブロック
3 7 プリズムブロック
3 9 a ~ 3 9 f プリズム
5 9 a ~ 5 9 f 光ファイバ
6 0 a、6 0 c ~ 6 0 f マイクロレンズ
6 1 光ファイバケーブル
6 2 光ファイバケーブル
6 3 a ~ 6 3 d フィルタ
6 4 フィルタ
6 7 c ~ 6 7 f 発光素子
6 8 c ~ 6 8 f 受光素子
7 0 導光板
7 1 光ファイバ
7 2 a ~ 7 2 e 回折素子

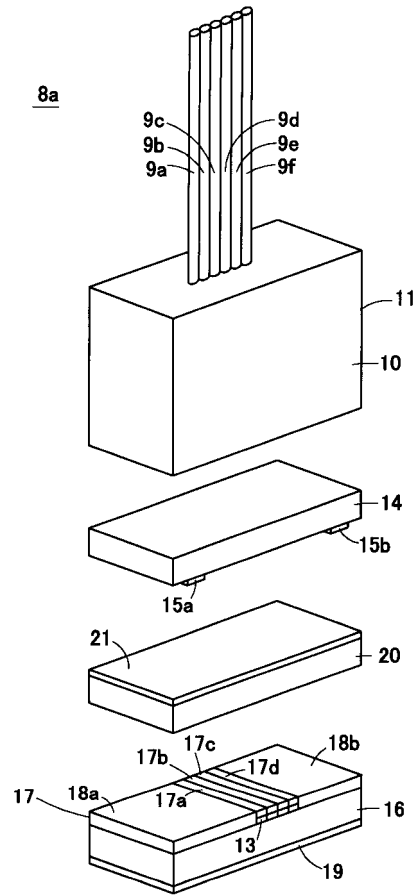
10

20

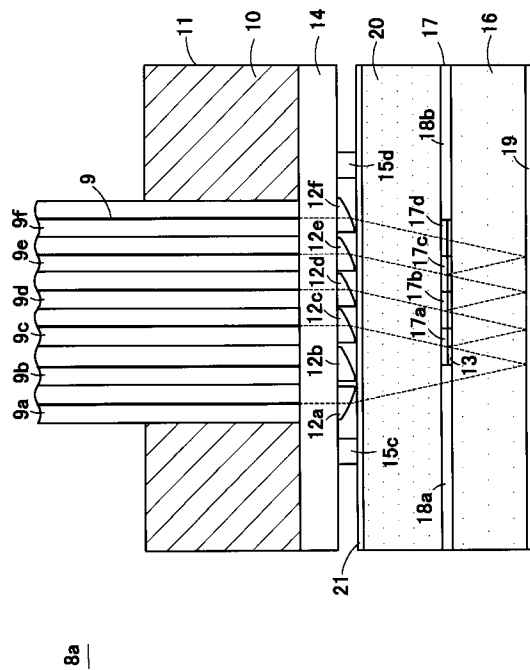
【図 1】



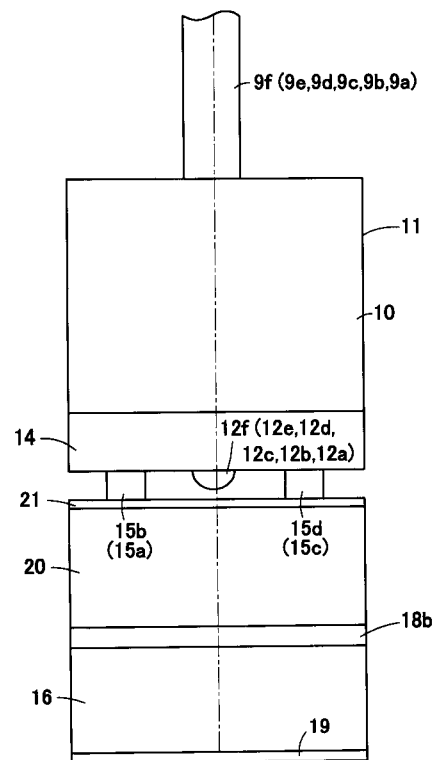
【図 2】



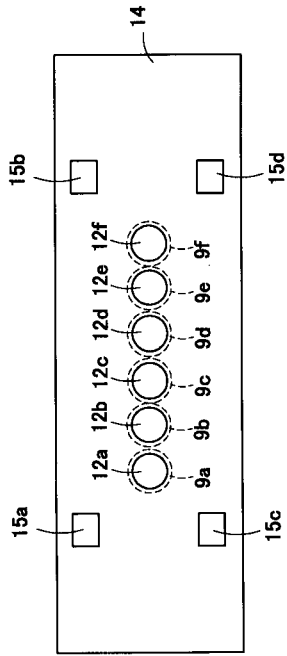
【図 3】



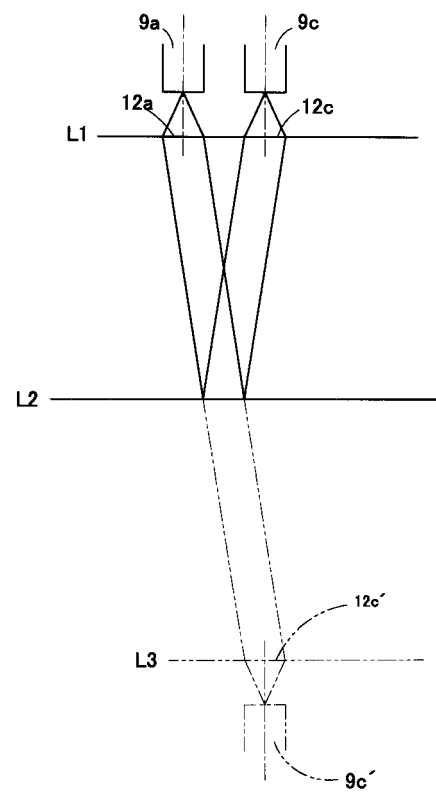
【図 4】



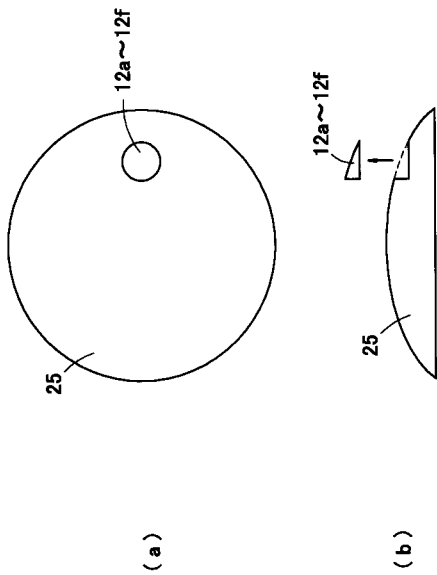
【図 5】



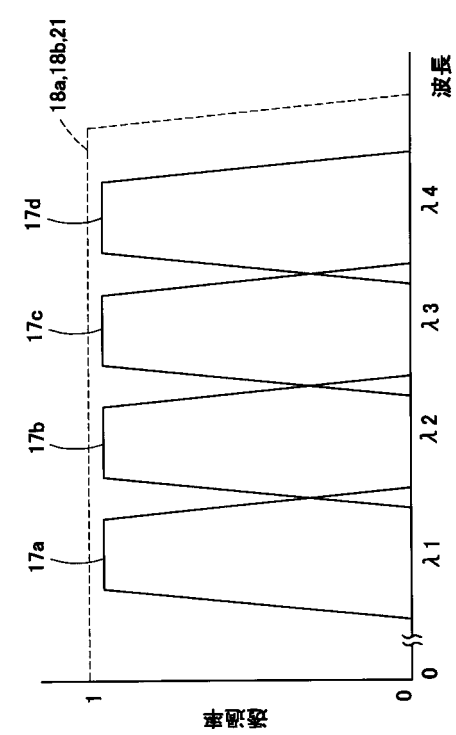
【図 6】



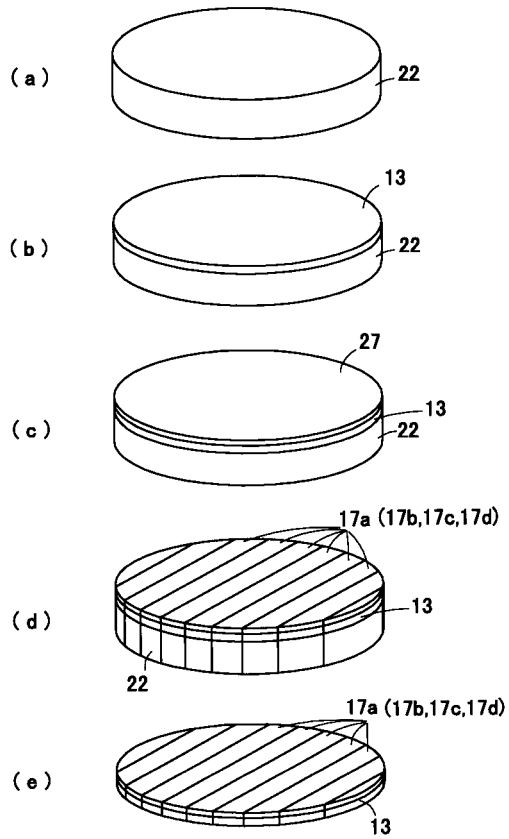
【図 7】



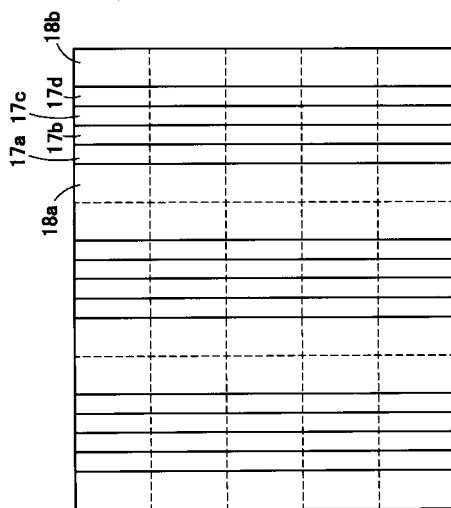
【図 8】



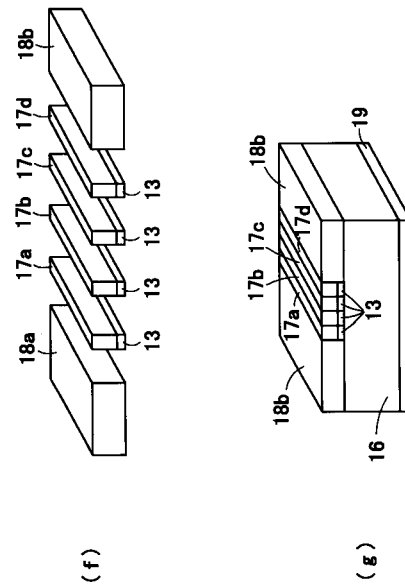
【図 9】



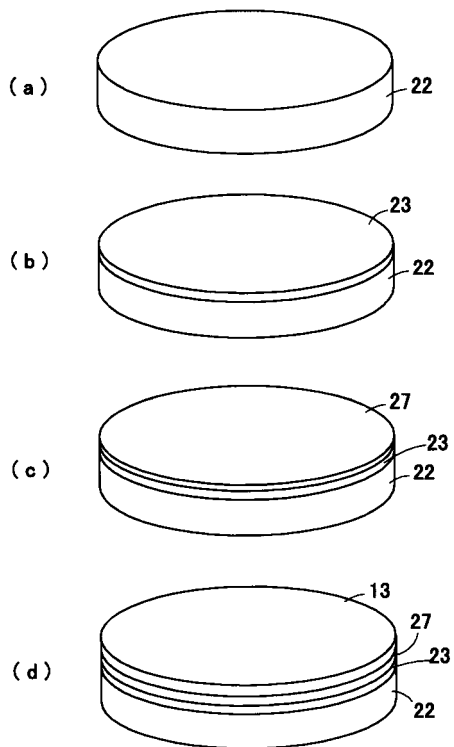
【図 11】



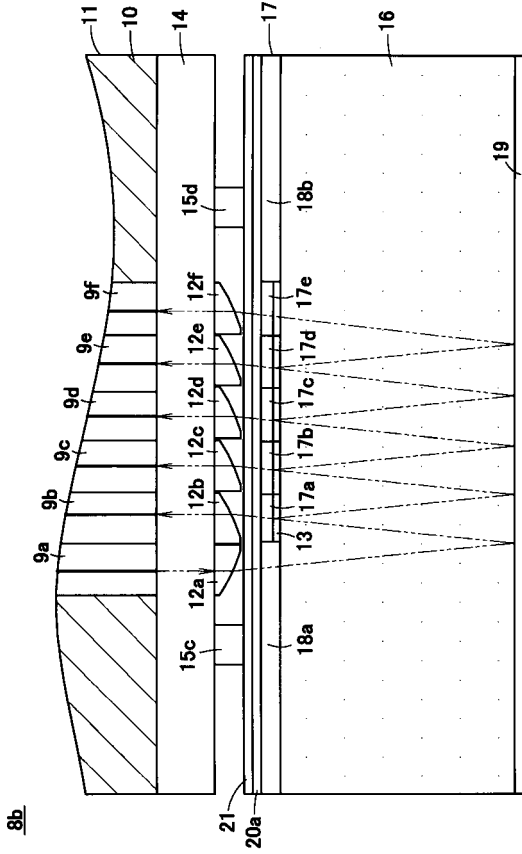
【図 10】



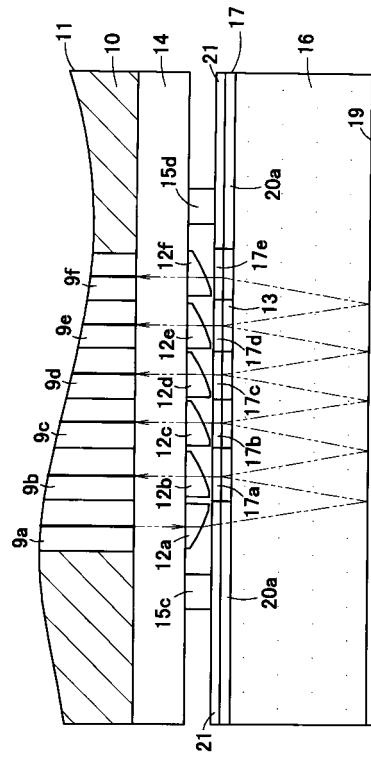
【図 12】



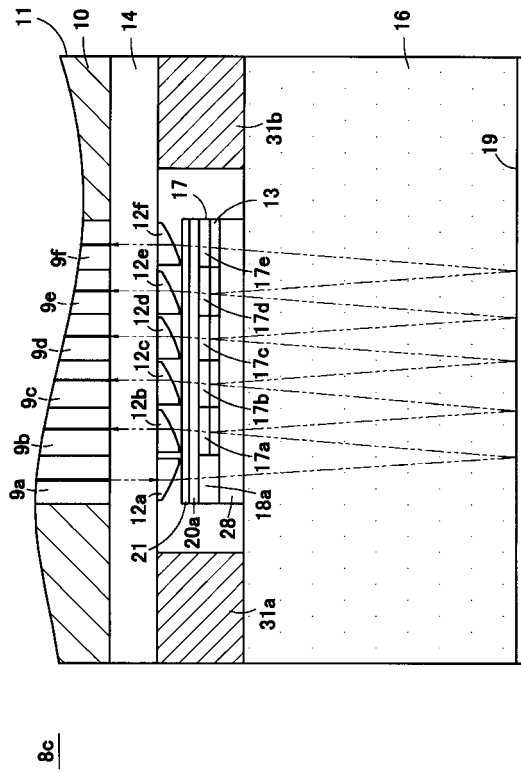
【図 17】



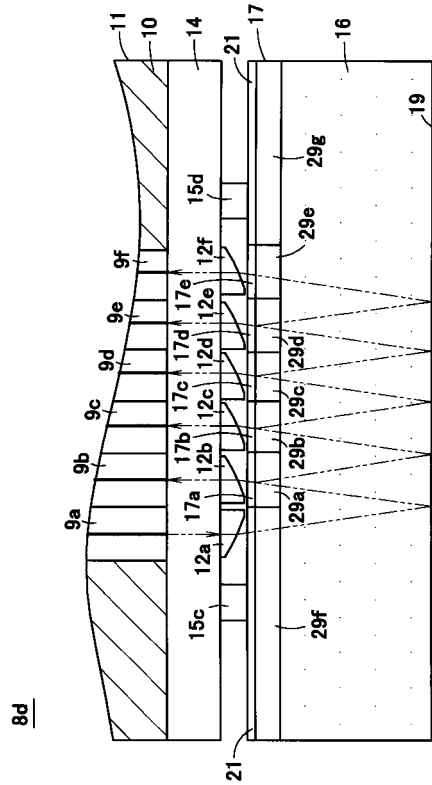
【図 18】



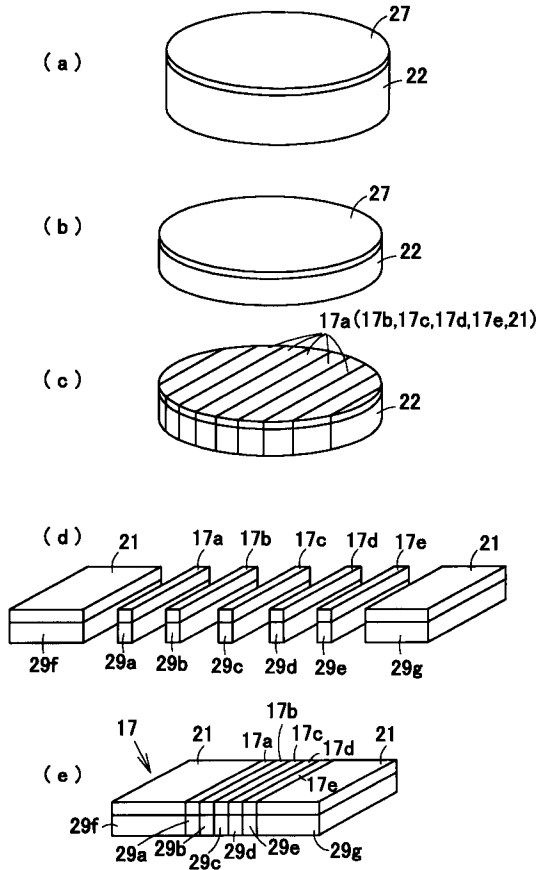
【図 19】



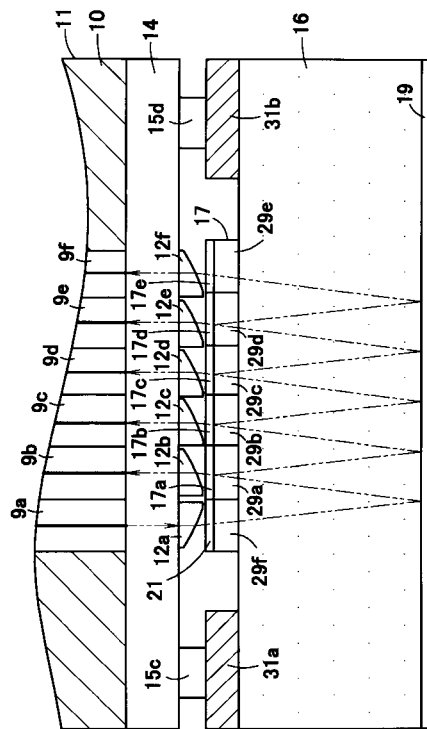
【図 20】



【図 2 1】

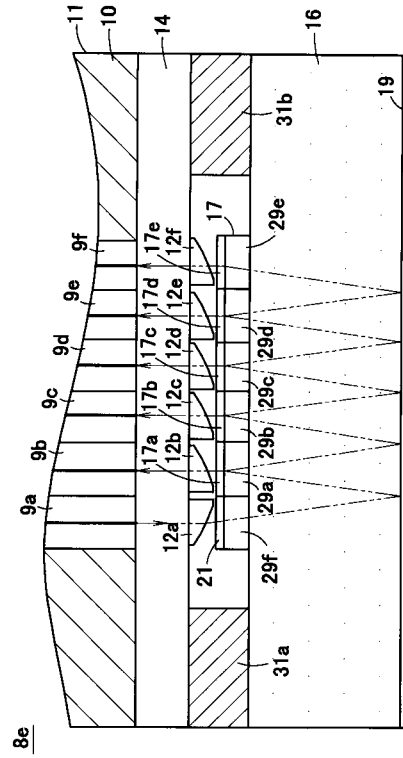


【図 2 3】

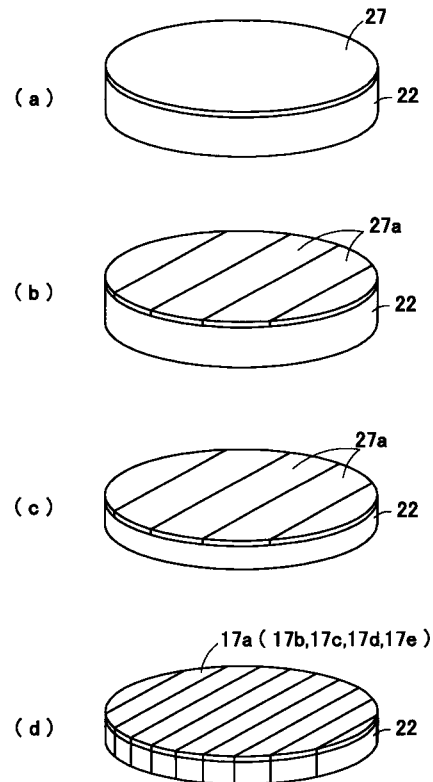


8e

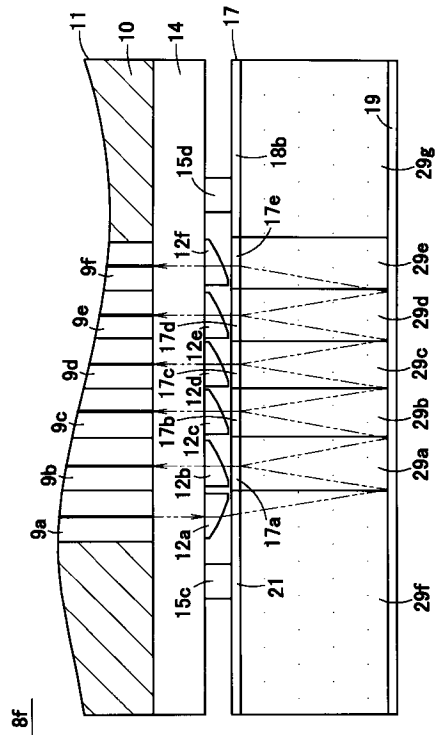
【図 2 2】



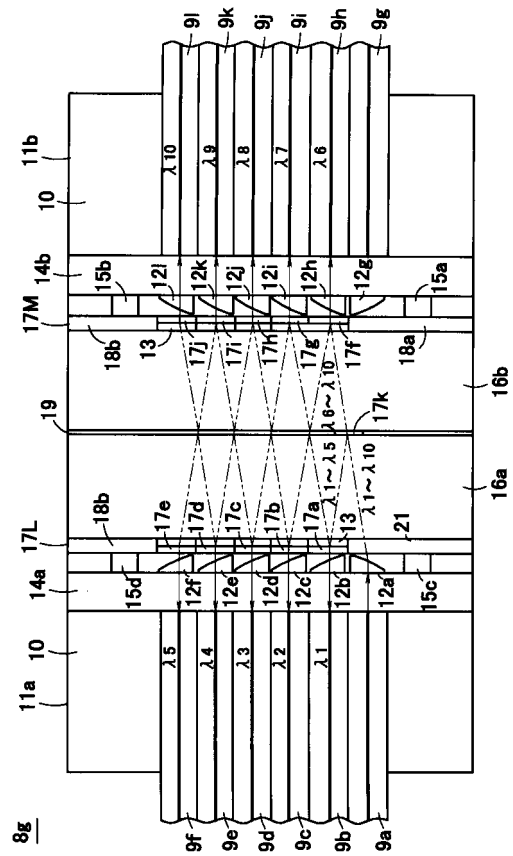
【図 2 4】



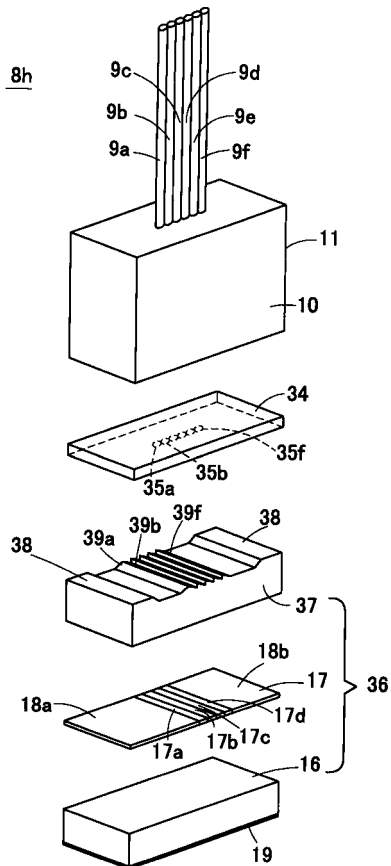
【 図 2 5 】



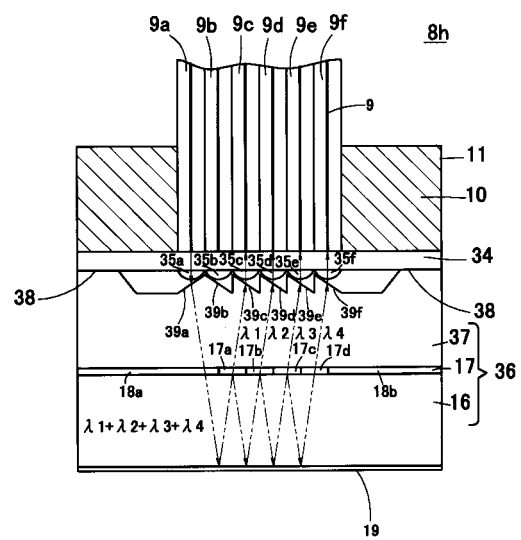
【 図 2 6 】



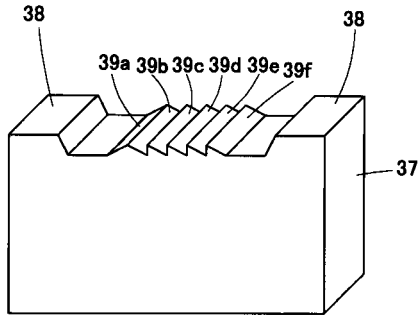
【 図 2 7 】



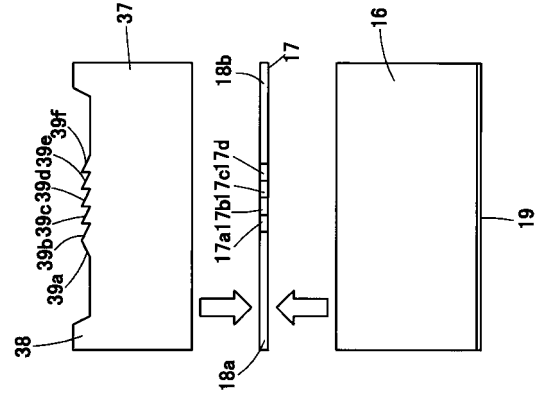
【 図 2 8 】



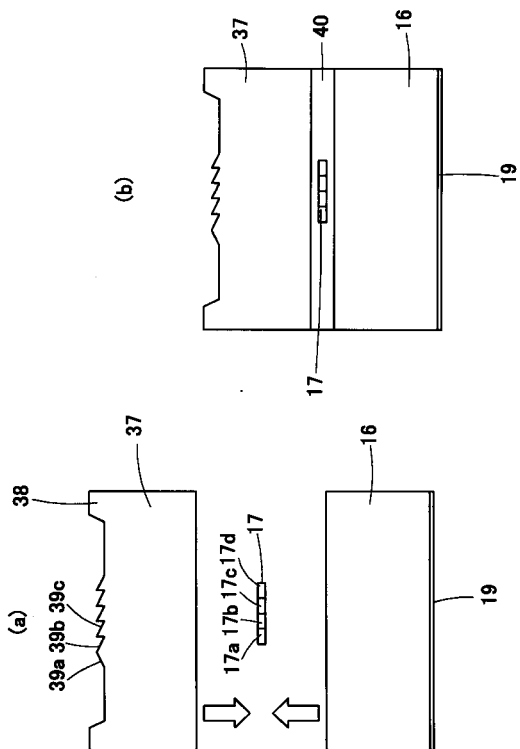
【図 29】



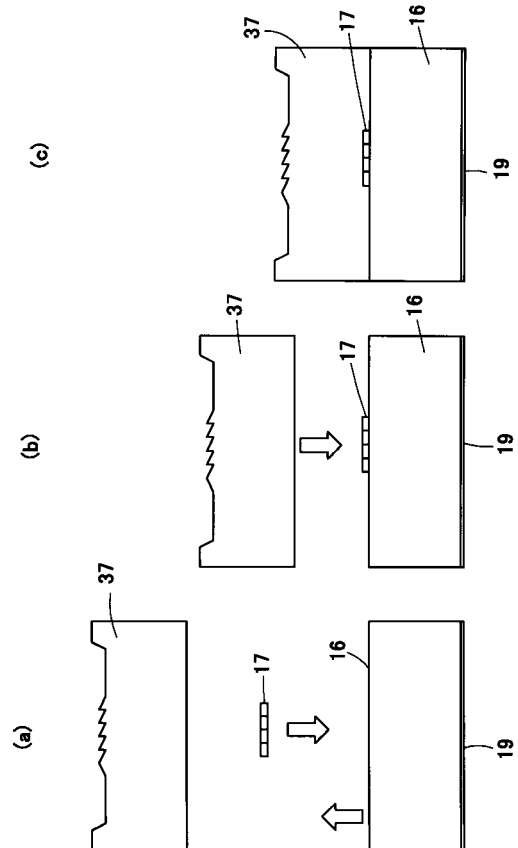
【図 30】



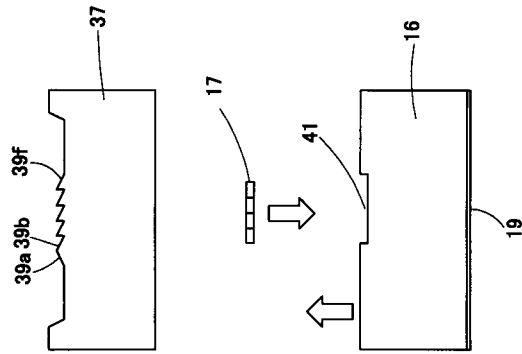
【図 31】



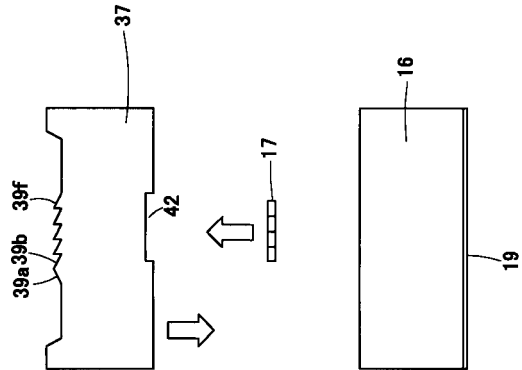
【図 32】



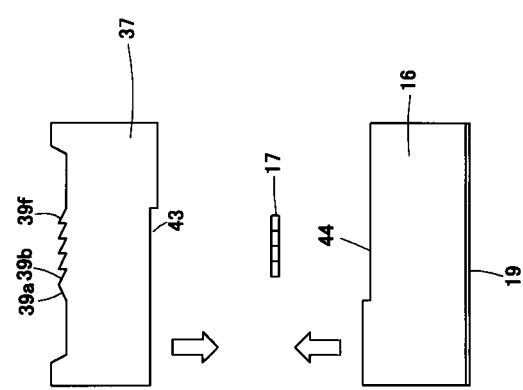
【図 3 3】



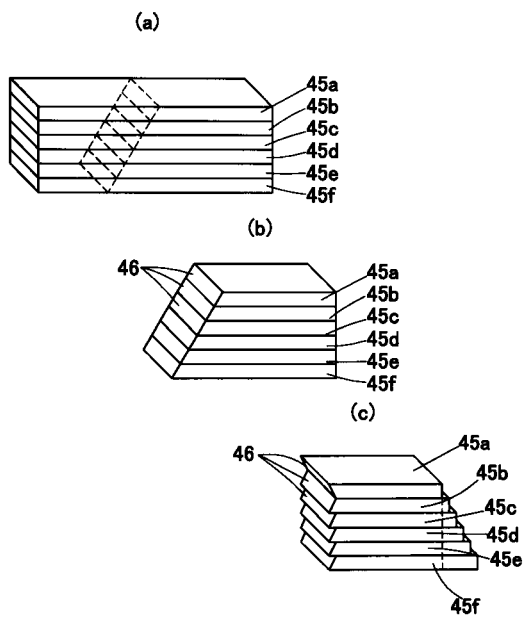
【図 3 4】



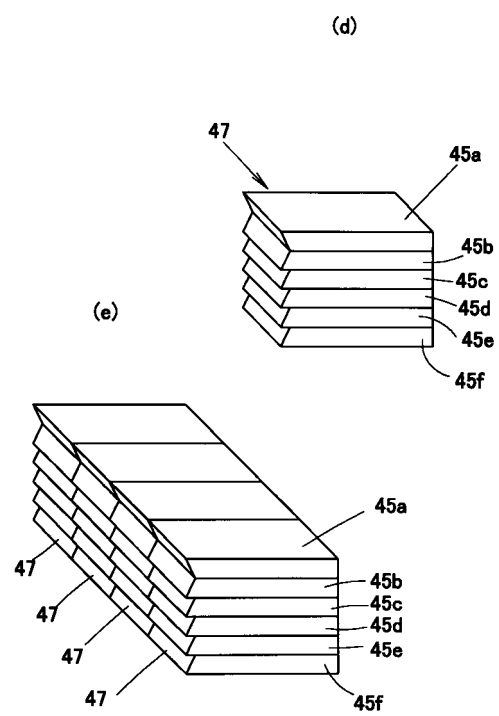
【図 3 5】



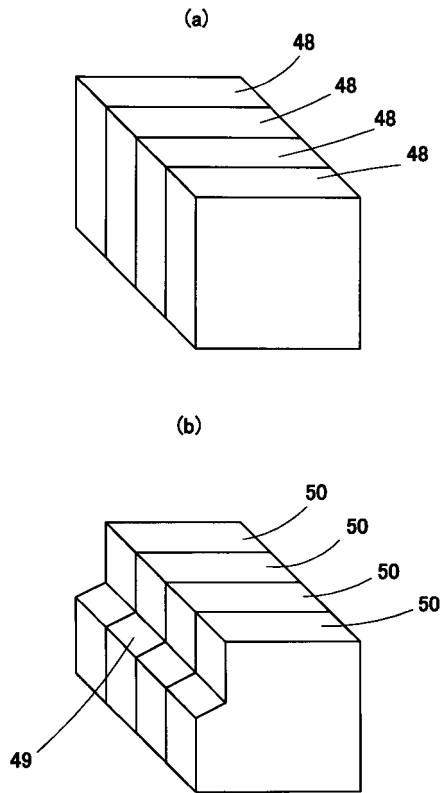
【図 3 6】



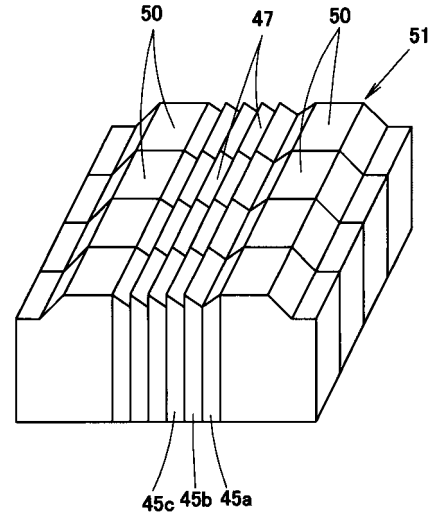
【図 3 7】



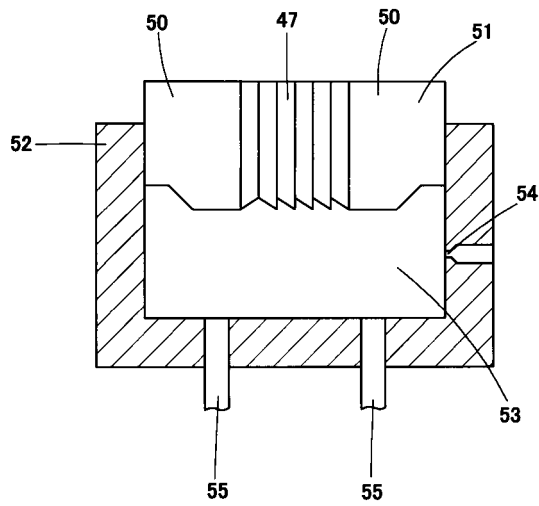
【図 38】



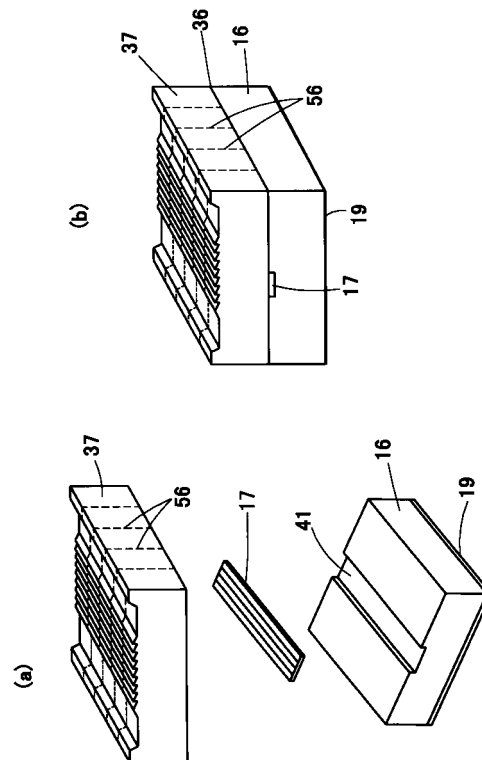
【図 39】



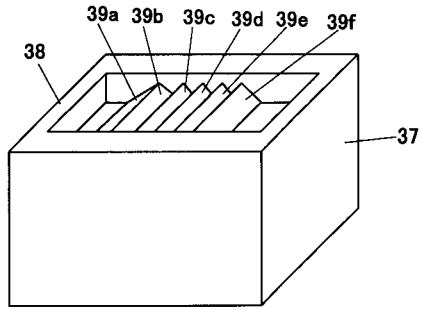
【図 40】



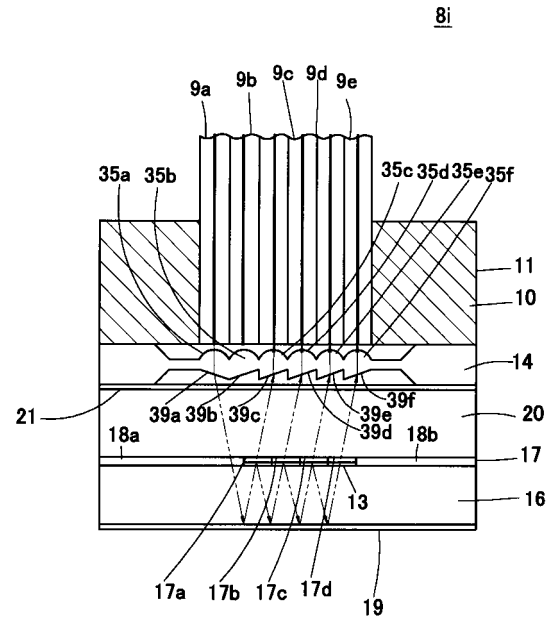
【図 41】



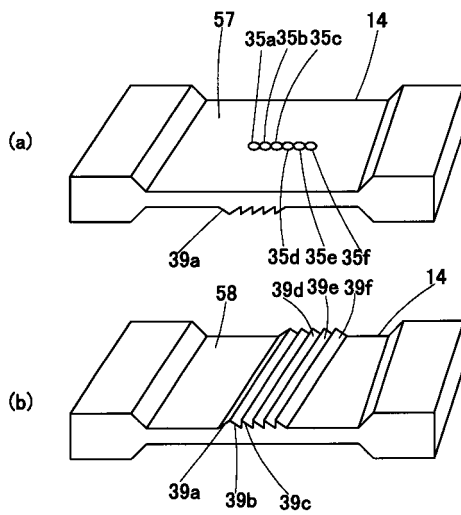
【 図 4 2 】



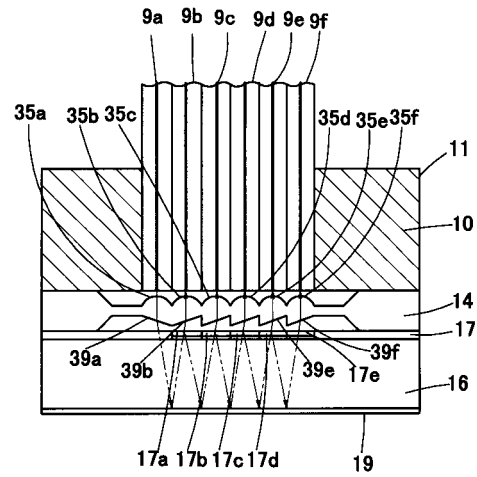
【 図 4 3 】



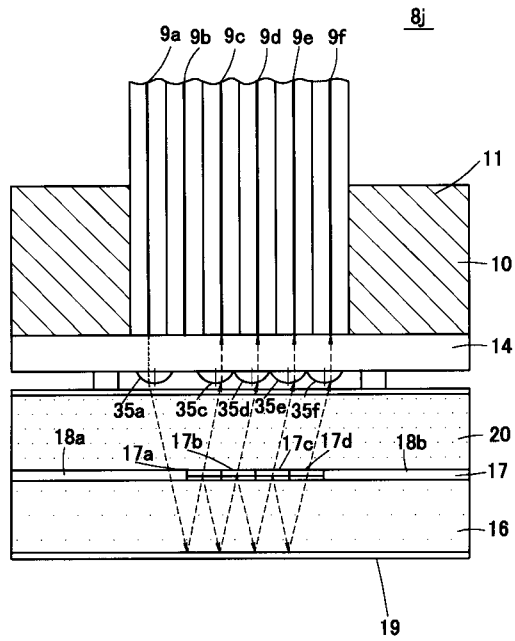
【 図 4 4 】



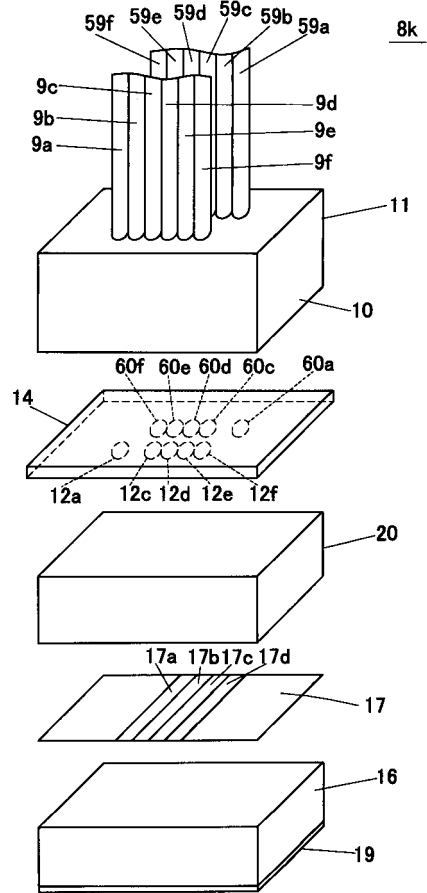
【 図 4 5 】



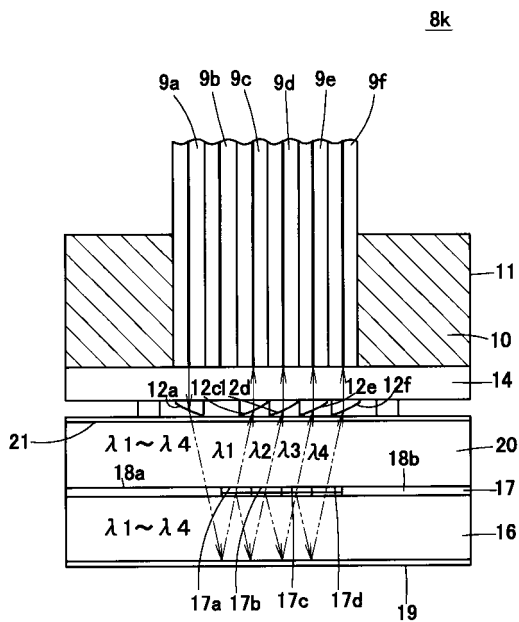
【図 4 6】



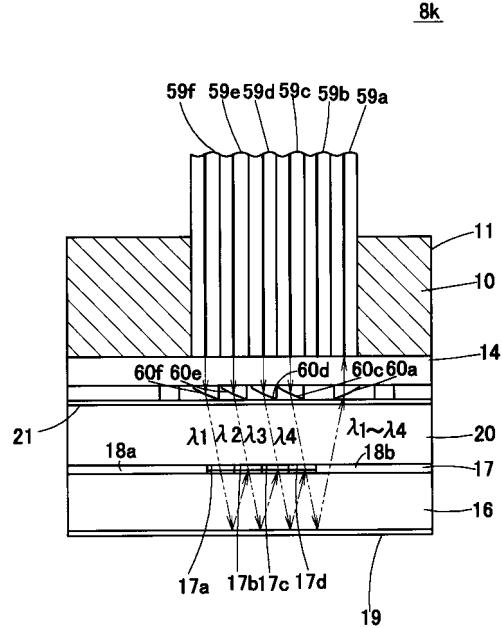
【図 4 7】



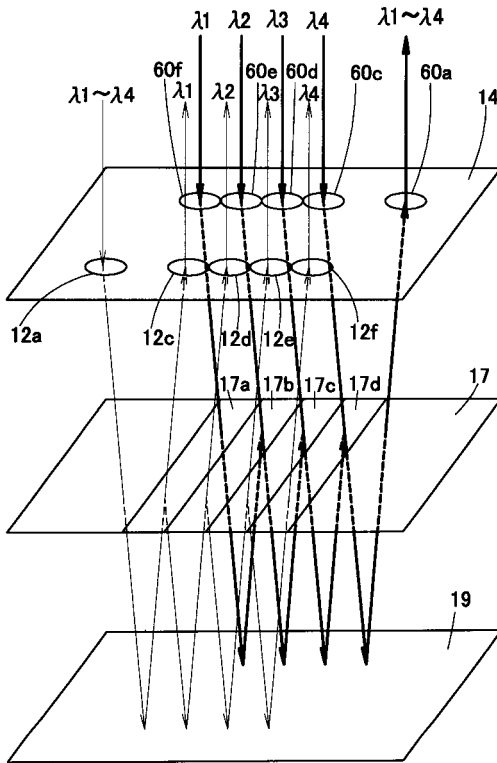
【図 4 8】



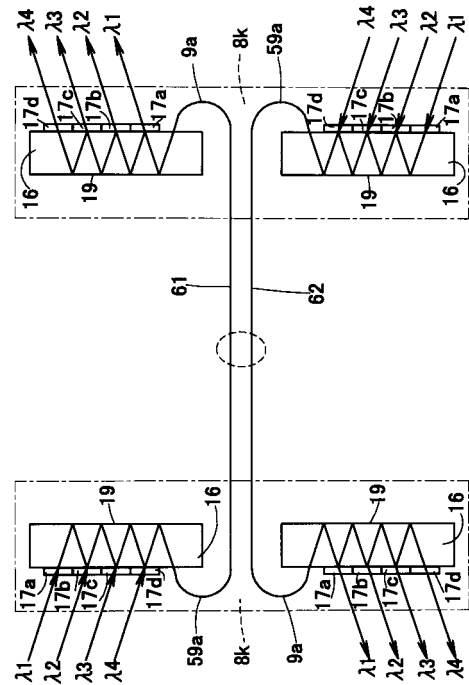
【図 4 9】



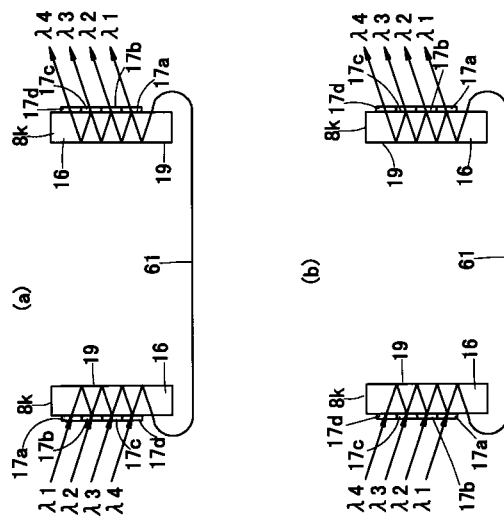
【図 50】



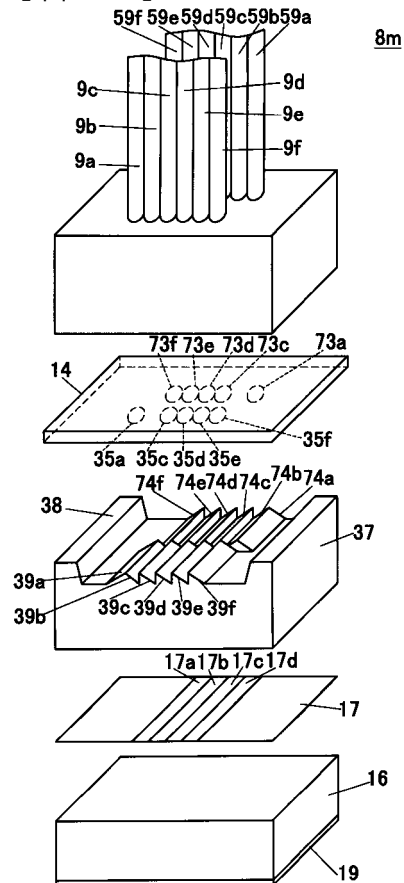
【図 51】



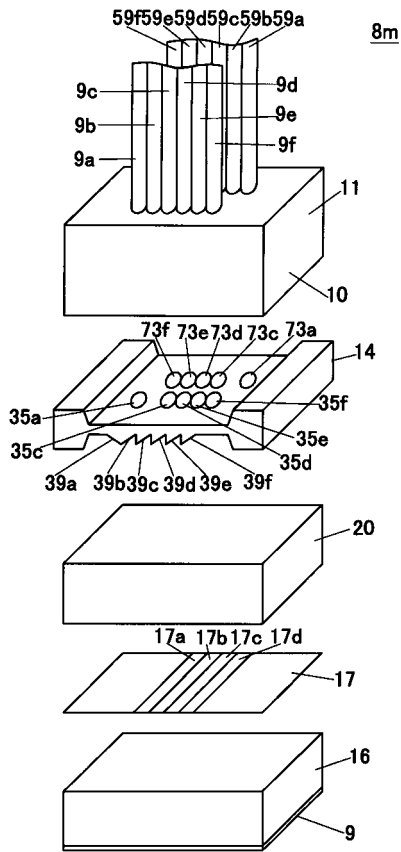
【図 52】



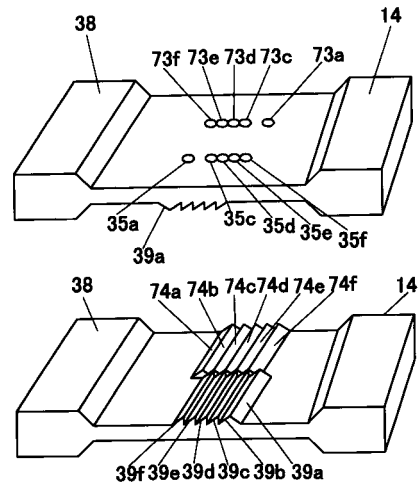
【図 53】



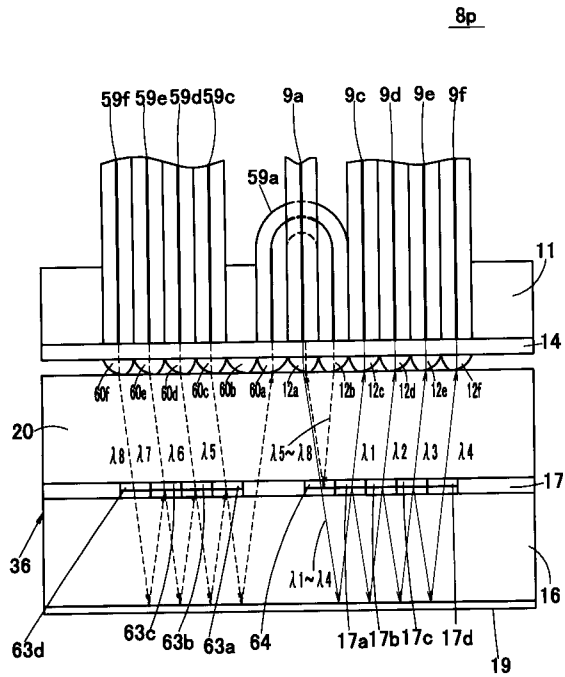
【図 5 4】



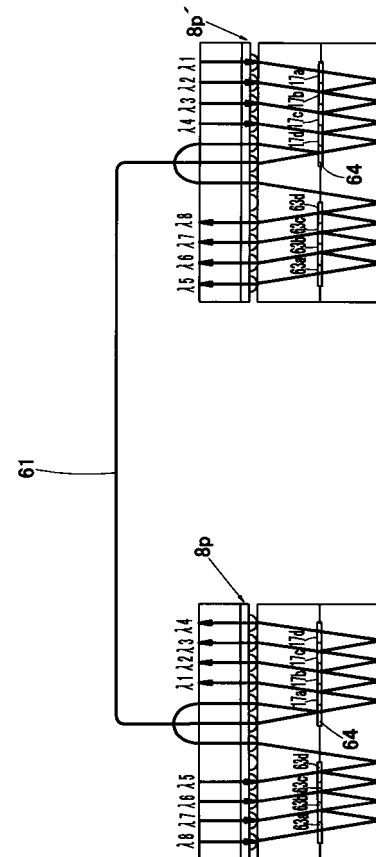
【図 5 5】



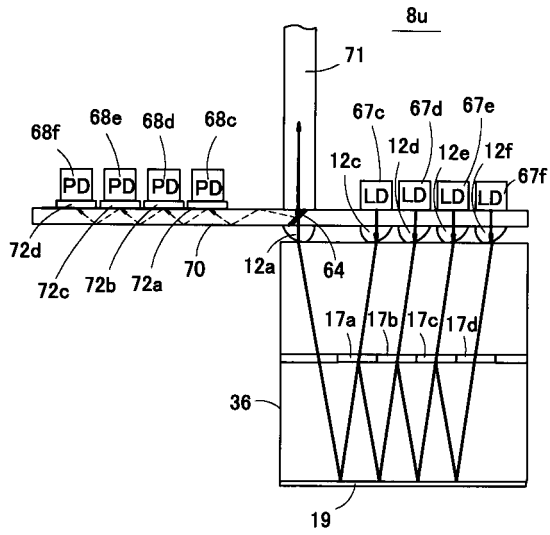
【図 5 6】



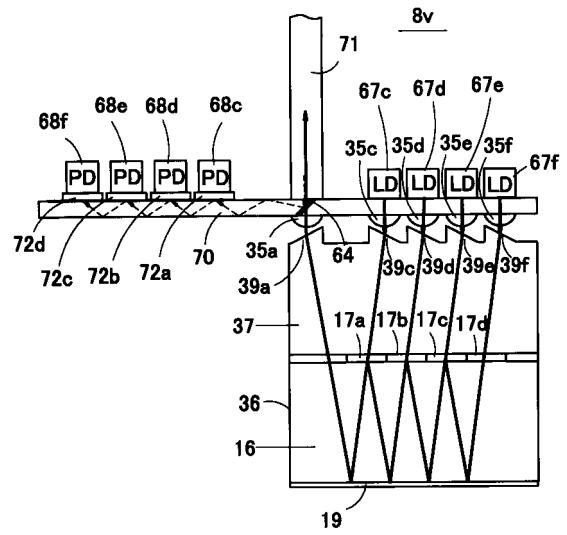
【図 5 7】



【図 6 2】



【図 6 3】



フロントページの続き

- (72)発明者 大西 正泰
京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町 8 0 1 番地 オムロン株式会社内
- (72)発明者 田中 宏和
京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町 8 0 1 番地 オムロン株式会社内
- (72)発明者 大西 徹也
京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町 8 0 1 番地 オムロン株式会社内
- (72)発明者 山本 竜
京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町 8 0 1 番地 オムロン株式会社内
- (72)発明者 山瀬 伸基
京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町 8 0 1 番地 オムロン株式会社内
- F ターム(参考) 2H037 BA03 BA12 BA32 BA35 CA00 CA11 CA13 CA15 CA32 CA33
CA38
2H042 CA07 CA17
2H048 GA01 GA09 GA13 GA23 GA24 GA26 GA60 GA62