

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004年5月13日 (13.05.2004)

PCT

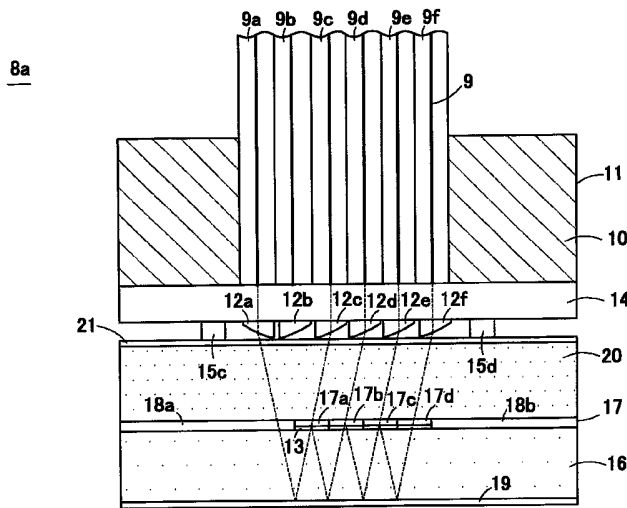
(10) 国際公開番号
WO 2004/040344 A1

- (51) 国際特許分類: G02B 6/293, 6/42
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/013899
- (22) 国際出願日: 2003年10月30日 (30.10.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2002-319771 2002年11月1日 (01.11.2002) JP
特願2003-176000 2003年6月20日 (20.06.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): オムロン株式会社 (OMRON CORPORATION) [JP/JP]; 〒600-8530 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 Kyoto (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 古澤 光一 (FURUSAWA, Koichi) [JP/JP]; 〒600-8530 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 Kyoto (JP). 福田 一喜 (FUKUDA, Kazuki) [JP/JP]; 〒600-8530 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 Kyoto (JP). 仲西 陽一 (NAKANISHI, Yoichi) [JP/JP]; 〒600-8530 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 Kyoto (JP). 大西 正泰 (OHNISHI, Masayasu) [JP/JP]; 〒600-8530 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 Kyoto (JP). 田中 宏和 (TANAKA, Hirokazu) [JP/JP]; 〒600-8530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL MULTIPLEXER/DEMULTIPLEXER AND PRODUCTION METHOD FOR OPTICAL MULTIPLEXER/DEMULTIPLEXER

(54) 発明の名称: 光合分波器及び光合分波器の製造方法



(57) Abstract: An optical multiplexer/demultiplexer capable of demultiplexing multiplexed optical signals in a plurality of wavelength regions into respective wavelength regions, or multiplexing lights in respective wavelength regions. A light produced by multiplexing lights with wavelengths $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ is output from an optical fiber (9a), has its optical axis bent by a micro-lens (12a) of a micro-lens array (14) to be formed into a parallel light, is reflected off a mirror layer (19), and enters a filter layer (17). Since the filter (17a) transmits a light with a wavelength λ_1 only, lights with the other wavelengths are reflected, are again reflected off the mirror layer (19) and enters the filter layer (17). The light passed through the filter (17a) has its optical axis bent by a micro-lens (12c) and is coupled with an optical fiber (9c). Lights with wavelengths $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ are respectively picked up from the light output ends of optical fibers (9c, 9d, 9e, 9f).

(57) 要約: 本発明は、光通信の分野等において、多重化された複数の波長域の光信号を各波長領域に分波し、あるいは、各波長領域の光を合波することのできる光合分波器である。すなわち、波長 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ の光を多重化した光は、光ファイバ(9a)から出射し、マイクロレンズアレー(14)のマイクロレンズ(12a)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

[続葉有]

WO 2004/040344 A1



地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP). 大西 徹也 (ON-ISHI,Tetsuya) [JP/JP]; 〒600-8530 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 Kyoto (JP). 山本 竜 (YAMAMOTO,Ryo) [JP/JP]; 〒600-8530 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 Kyoto (JP). 山瀬 伸基 (YAMASE,Nobuki) [JP/JP]; 〒600-8530 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 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 中野 雅房 (NAKANO,Masayoshi); 〒540-0012 大阪府 大阪市 中央区 谷町 1 丁目 3 番 5 号 オグラ天満橋ビル Osaka (JP).

(81) 指定国 (国内): CA, CN, KR, US.

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

ルタ (17 a) は、波長 $\lambda 1$ 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) の光射出端からはそれぞれ波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ の光が取り出される。

明細書

光合分波器及び光合分波器の製造方法

技術分野

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

背景技術

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。

図1は、従来例（日本国公報：特開昭60-184215号を参照）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 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ 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。

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 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ 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 $\lambda 1$ 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 $\lambda 1$ 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 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ 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 $\lambda 2$ の光がコリメータ3cに入射する。同様にして、干渉膜フィルタ5a、5b、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 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ 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。

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。

発明の開示

本発明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ンネル型の、小型で安価な光合分波器とその製造方法を提供することにある。

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ものである。

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。

本発明の第1の光合分波器においては、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。

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。

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たものである。

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。

本発明の第2の光合分波器においては、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。

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。

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た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。

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。

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。

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るものである。

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。

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。

本発明の第3の光合分波器においては、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。

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

を介して受光するものである。

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。

本発明の第4の光合分波器においては、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。

本発明の第4の光合分波器においては、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。

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射出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射出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するものである。

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。

本発明の第5の光合分波器にあつては、前記各光入力手段から射出された光を第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射出させ、導光手段から射出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の伝送手段から射出させ、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。

本発明の第5の光合分波器においては、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。

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。

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するものである。

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。

本発明の第6の光合分波器にあつては、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。

本発明の第6の光合分波器においては、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。

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。

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。

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するものである。

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。

本発明の第7の光合分波器にあつては、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。

本発明の第7の光合分波器においては、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。

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。

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、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。

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。

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、重ねられた一対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。

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。

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。

本発明の第8の光合分波器は、一対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、光軸が一対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たものである。

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。

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。

本発明の第9の光合分波器は、一対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対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たものである。

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。

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。

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。

また、本発明の第1-第9の光合分波器の別な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れば、安価なレンズを用いて光を曲げることができる。

本発明の第1-第9の光合分波器のさらに別な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がなくなり、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。

また、本発明の第1 - 第9の光合分波器のさらに別な実施態様においては、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。

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。

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、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。

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、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。

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。

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。

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2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。

本発明にかかる第5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。

本発明にかかる第5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裁断することにより、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。

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ている。

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。

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。

図面の簡単な説明

図1は、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は、本発明の第1の実施例による光合分波器の構造を示す分解斜視図である。

図3は、第1の実施例による光合分波器の概略断面図であって、各光ファイバアレイのコアを通る面において断面されている。

図4は、第1の実施例による光合分波器の側面図である。

図5は、マイクロレンズアレイの下面図である。

図6は、光ファイバから出射されて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)は、マイクロレンズの形状を説明する平面図、図7(b)はその正面図である。

図8は、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)及び(g)は、図9(e)に続く工程を説明する図である。

図11は、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)に続く工程を説明する図である。

図14は、第1の実施例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は、第1の実施例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は、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は、本発明の第2の実施例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は、本発明の第2の実施例の変形例を示す一部破断した概略断面図である。

図19は、本発明の第3の実施例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は、本発明の第4の実施例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、同上の実施例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は、本発明の第5の実施例による光合分波器の一部破断した概略断面図である。

図23は、本発明の第5の実施例の変形例を示す一部破断した概略断面図である。

図24(a) - (d)は、第5の実施例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 25 は、本発明の第 6 の実施例による光合分波器の一部破断した概略断面図である。
- 図 26 は、本発明の第 7 の実施例による光合分波器の概略断面図である。
- 図 27 は、本発明の第 8 の実施例による光合分波器の分解斜視図である。
- 図 28 は、第 8 の実施例による光合分波器の断面図である。
- 図 29 は、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 30 は、合分波用ブロックの製造方法を示す概略図である。
- 図 31 (a) 及び (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。
- 図 32 (a)、(b) 及び (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 33 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 34 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 35 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 36 (a)、(b) 及び (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 37 (d) 及び (e) は、図 36 (c) に続く工程を示す斜視図である。
- 図 38 (a) 及び (b) は、成形用ブロックの製造方法を示す斜視図である。
- 図 39 は、部分金型の斜視図である。
- 図 40 は、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 41 (a) 及び (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 42 は、プリズムブロックの別な形状を示す斜視図である。
- 図 43 は、本発明の第 9 の実施例による光合分波器の概略断面図である。
- 図 44 (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、図 44 (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 45 は、第 9 の実施例による光合分波器の作用説明図である。
- 図 46 は、本発明の第 10 の実施例による光合分波器の概略断面図である。
- 図 47 は、本発明の第 11 の実施例による光合分波器の分解斜視図である。
- 図 48 は、同上の光合分波器の作用説明のための断面図である。
- 図 49 は、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 50 は、同上の光合分波器の作用説明のための斜視図である。
- 図 51 は、同上の光合分波器のリンク状態を示す概略図である。
- 図 52 (a) は、上記リンク状態における作用説明図、図 52 (b) は、上記リンク状態と異なるリンク状態における作用説明図である。
- 図 53 は、本発明の第 11 の実施例の変形例を示す分解斜視図である。
- 図 54 は、本発明の第 11 の実施例の別な変形例を示す分解斜視図である。
- 図 55 (a) は、図 54 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、図 55 (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 56 は、本発明の第 12 の実施例による光合分波器の概略断面図である。
- 図 57 は、同上の光合分波器のリンク状態を示す概略図である。
- 図 58 は、本発明の第 12 の実施例の変形例を示す概略断面図である。
- 図 59 は、本発明の第 12 の実施例の別な変形例を示す概略断面図である。
- 図 60 は、本発明の第 13 の実施例による光合分波器の概略断面図である。
- 図 61 は、本発明の第 13 の実施例の変形例を示す概略断面図である。
- 図 62 は、本発明の第 14 の実施例による光合分波器の概略断面図である。
- 図 63 は、本発明の第 14 の実施例の変形例を示す概略断面図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明を実施するための最良の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

(第 1 の実施例)

図2は、本発明の第1の実施例である光合分波器8a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8aの光ファイバ9a-9f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8a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8aの構成を説明する。

本発明の光合分波器8aは、光ファイバアレイ11、マイクロレンズアレイ14、ガラス板などの透明なカバー部材20、スペーサー15a、15b、15c、15d、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。ここで、光ファイバアレイ11は、光ファイバ9a、9b、9c、9d、9e、9f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を取り付けたものである。マイクロレンズアレイ14は、下面に複数個(図では6個)のマイクロレンズ12a、12b、12c、12d、12e、12fを備えている。カバー部材20は、表面にARコート層(反射防止膜)21を形成されている。スペーサー15a、15b、15c、15dは、マイクロレンズ12a-12fとARコート層21との距離を一定に保つための部材である。フィルタ層17は、剥離膜13とフィルタ17a、17b、17c、17dとダミーフィルム18a、18bからなる。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。

マイクロレンズアレイ14、AR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12a-12fはAR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9a-9f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。

光ファイバアレイ11の光ファイバ9a-9fとしては、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の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。

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9a-9fの断面と同程度の大きさの複数個(図5では6個)のマイクロレンズ12a-12fがほぼ隙間なく形成されている。光合分波器8aの分波動作又は合波動作を考えたとき、光ファイバ9a-9fの端面から出射された光はすべてマイクロレンズ12a-12f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。

光ファイバ9a-9f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(当該界面に垂直に立てた法線から測った入射角)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12a-12f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12a-12fと同程度の大きさに広がるまでに、コア端から出た光がマイクロレンズ12a-12f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9a-9fを出射した光の全てをマイクロレンズ12a-12fに入射させることができる。

また、マイクロレンズ12a-12fは、その中心軸が光ファイバ9a-9f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8a内の光路を示す概念図であって、L1はマイクロレンズ12a-12f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12aは、図6に示すように、光ファイバ9aから出射した光がレンズ主平面L1(マイクロレンズ12a)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。

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もよい。なお、本実施例においては、マイクロレンズ12bは使用されないで、省いておいてもよい。しかしながら、第2の実施例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。

上記の要件を満たすマイクロレンズ12a-12fは、図7(a)及び(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。

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ー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とスペーサー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とスペーサー15a-15dとを同時に形成できれば、個別に作成したスペーサー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。

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。

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。

なお、光ファイバアレイ11とマイクロレンズアレイ14のアライメントを行うには、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、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相互の位置調整をし、最適な位置で接着剤を硬化させるとよい。

次に、フィルタ層17について説明する。図8は、フィルタ17a-17d、ダミーフィルム18a、18b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17a、17b、17c、17dは、図8に実線で示すように、それぞれ波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_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）18a、18b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。

ここで、本発明の光合分波器8a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。

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17a-17d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18a、18b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。

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8aで使用するフィルタ17a、17b、17c、17dの幅に切断する。ここでは、フィルタ薄膜27と剥離膜13が切断されれば十分であるので、基板22を完全に切断してしまふ必要はない。フィルタ薄膜27と剥離膜13を切断したら、加熱、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。

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17a、17b、17c、17dとダミーフィルム18a、18b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17a-17dとダミーフィルム18a、18b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するかしてミラー層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17a-17dとダミーフィルム18a、18bを表面に接着してもよい。

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。

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8a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が汚れたり傷ついたりせず、歩留まりを低下させることができる。

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、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。

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。

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。

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 17 a、17 b、17 c、17 d 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 17 a - 17 d 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 18 a、18 b 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。

次に、本発明の光合分波器 8 a 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 8 a の分波の様子を説明する図である。波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ を多重化した光が光ファイバ 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 12 a に入射した光は、上述のように、マイクロレンズ 12 a 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 18 a が配置されている部分に入射する。

ダミーフィルム 18 a 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 17 a を配置しているため、波長 $\lambda 1$ の光は、フィルタ 17 a を透過してマイクロレンズ 12 c に入射し、光軸方向を曲げられて光ファイバ 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 $\lambda 1$ の光のみが取り出される。

一方、フィルタ 17 a で反射された光 (波長 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$) 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 17 b を配置しているため、フィルタ 17 b を透過した波長 $\lambda 2$ の光はマイクロレンズ 12 d に入射し、光軸方向を曲げられて光ファイバ 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 $\lambda 2$ の光が取り出される。

同様に、フィルタ 17 b で反射された光 (波長 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$) 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 c を配置しているため、フィルタ 17 c を透過した波長 $\lambda 3$ 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 $\lambda 3$ の光が取り出される。

同様に、フィルタ 17 c で反射された光 (波長 $\lambda 4$) 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 を配置しているため、フィルタ 17 d を透過した波長 $\lambda 4$ 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 $\lambda 4$ の光が取り出される。

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 $\lambda 1 - \lambda 4$ 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 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 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ 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 $\lambda 4$ 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 λ_4 の光はフィルタ17cに入射し、フィルタ17cで反射される。

一方、光ファイバ9eから出射された波長 λ_3 の光は、マイクロレンズ12e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17cを透過する。こうしてフィルタ17cで反射された波長 λ_4 の光と、フィルタ17cを透過した波長 λ_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 λ_3 及び λ_4 の光はフィルタ17bに入射し、フィルタ17bで反射される。

また、光ファイバ9dから出射された波長 λ_2 の光は、マイクロレンズ12d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17bを透過する。こうしてフィルタ17bで反射された波長 λ_3 及び λ_4 の光と、フィルタ17bを透過した波長 λ_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 λ_2 、 λ_3 及び λ_4 の光はフィルタ17aに入射し、フィルタ17aで反射される。

また、光ファイバ9cから出射された波長 λ_1 の光は、マイクロレンズ12c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17aを透過する。こうしてフィルタ17aで反射された波長 λ_2 、 λ_3 及び λ_4 の光と、フィルタ17aを透過した波長 λ_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 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 及び λ_4 の光は、導光ブロック16、ダミーフィルム18a及びカバー部材20を透過してマイクロレンズ12aに入射する。

マイクロレンズ12aに入射した波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 及び λ_4 の平行光は、マイクロレンズ12aによって光軸方向を光ファイバ9a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9aに結合されて光ファイバ9a内を伝搬する。このようにして、本発明の光合分波器8aは、各波長の光を合波して多重化させることもできる。

なお、上記説明では、各フィルタ17b、17c、17dを透過した光がそれぞれマイクロレンズ12d、12e、12f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12c、12d、12e、12f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。

また、この場合、マイクロレンズ12aとマイクロレンズ12c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8a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8a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12aとマイクロレンズ12c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9a、9b、9c、9d、9e、9f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。

なお、マイクロレンズ12a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12aを設計するとよいことを説明したが、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17aを透過した波長 λ_1 の光と透過前の波長 λ_1 の光の性質が変わることになる。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12cに光を入射させられなくなり、光合分波器8a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。

本発明の光合分波器 8 a は、図 1 6 の概略断面図で示すようにケーシング 3 2 に納め、入り口を接着剤 3 3 で封止して使用するとよい。

本発明の光合分波器 8 a は、マイクロレンズアレイ 1 4 を備えており、マイクロレンズ 1 2 a - 1 2 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 1 1 の光出射端面とフィルタ層 1 7 やミラー層 1 9 とを互いに平行に配置することができ、分波される波長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。

また、本発明の光合分波器 8 a にあっては、カバー部材 2 0 と導光ブロック 1 6 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 1 2 c - 1 2 f に入射するように設計することができる。

(第 2 の実施例)

図 1 7 は、本発明の第 2 の実施例による光合分波器 8 b の一部破断した概略断面図であって、第 1 の実施例で説明した図 1 4 に相当する図である。フィルタ 1 7 a、1 7 b、1 7 c、1 7 d、1 7 e はそれぞれ波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ 、 $\lambda 5$ の光を透過する誘電体多層膜である。フィルタ層 1 7 は、フィルタ 1 7 a - 1 7 e 及び剥離膜 1 3 からなる領域と、ダミーフィルム (スペーサー) 1 8 a、1 8 b とで構成されている。フィルタ層 1 7 は第 1 の実施例で説明した製造工程によって製造することができる。図 1 7 に示す光合分波器 8 b のうち、第 1 の実施例で説明した構成と同じ構成部分の説明は省略する。

本実施例の光合分波器 8 b は、フィルタ層 1 7 の表面を透明で非常に薄いガラス等のフィルム 2 0 a で覆ってフィルタ 1 7 a - 1 7 e を湿気等から保護している。フィルム 2 0 a の表面には AR コート層 2 1 が形成されている。

各フィルタ 1 7 a - 1 7 e は、ミラー層 1 9 で反射した光が対応するマイクロレンズ 1 2 b - 1 2 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 の実施例で示したようにフィルタ層 1 7 の上のカバー部材 2 0 の厚みが厚ければ、導光ブロック 1 6 の厚みと、ミラー層 1 9 への光の入射角から各フィルタ 1 7 a - 1 7 e の配置設計をする必要がある。

しかしながら、本実施例のように非常に薄いフィルム 2 0 a でフィルタ層 1 7 を覆っていれば、第 1 の実施例の光合分波器 8 a よりもフィルタ 1 7 a - 1 7 e とマイクロレンズ 1 2 b - 1 2 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 1 2 a と対面する位置にダミーフィルム 1 8 a を形成し、マイクロレンズ 1 2 b、1 2 c、1 2 d、1 2 e、1 2 f と対面する位置にフィルタ 1 7 a、1 7 b、1 7 c、1 7 d、1 7 e を形成するというように、マイクロレンズ 1 2 b - 1 2 f と同じ位置にフィルタ 1 7 a - 1 7 e を配置しても、ミラー層 1 9 で反射した光を各フィルタ 1 7 a - 1 7 e に入射させることができる。このように、本実施例では、第 1 の実施例で示した光合分波器 8 a のようにフィルタ層 1 7 の配置設計が煩雑ではない。

また、図 1 8 に示すように、フィルタ 1 7 a - 1 7 e の表面はフィルム 2 0 a や AR コート層 2 1 で必ずしも覆わなくてもよい。ただし、フィルタ層 1 7 の表面が平坦になるように、フィルム 2 0 a と AR コート層 2 1 を合わせた厚みは剥離膜 1 3 とフィルタ 1 7 a - 1 7 e を合わせた厚みと同じ厚みにしなければならない。

(第 3 の実施例)

図 1 9 は、本発明の第 3 の実施例による光合分波器 8 c の一部破断した概略断面図であって、第 1 の実施例で説明した図 1 4 に相当する図である。図 1 9 に示す光合分波器 8 c のうち、第 1 の実施例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 1 7 は、フィルタ 1 7 a - 1 7 e と剥離膜 1 3 及びダミーフィルム 1 8 a で構成されている。フィルタ層 1 7 は第 1 の実施例で説明した製造方法で製造することができる。フィルタ 1 7 a、1 7 b、1 7 c、1 7 d、1 7 e はそれぞれ波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ 、 $\lambda 5$ 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 1 4 の高さ調整のため、導光ブロック 1 6 とマイクロレンズアレイ 1 4 の間にはスペーサーブロック 3 1 a、3 1 b を挟

んでいる。

本実施例の光合分波器 8 c では、ガラス板などの透明な板 2 8 に透明な接着剤を塗布し、その上にフィルタ層 1 7 を形成している。フィルタ層 1 7 上にはさらに表面に AR コート層 2 1 を備えたフィルム 2 0 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 1 7 等が表面に形成された透明な板 2 8 と、スペーサーブロック 3 1 a、3 1 b とを導光ブロック 1 6 の表面に接着し、さらにマイクロレンズアレイ 1 4 等を接着すれば光合分波器 8 c が完成する。

(第 4 の実施例)

図 2 0 は、本発明の第 4 の実施例による光合分波器 8 d の一部破断した概略断面図であって、第 1 の実施例で説明した図 1 4 に相当する図である。本光合分波器 8 d において、第 1 の実施例で説明した構成と同じ構成部分の説明は省略する。本実施例の光合分波器 8 d のフィルタ層 1 7 は、フィルタ 1 7 a、1 7 b、1 7 c、1 7 d、1 7 e 又は AR コート層 2 1 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 2 9 a、2 9 b、2 9 c、2 9 d、2 9 e、2 9 f、2 9 g から構成されている。フィルタ 1 7 a、1 7 b、1 7 c、1 7 d、1 7 e は、それぞれ $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ 、 $\lambda 5$ 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。

次に本実施例のフィルタ層 1 7 の製造方法を図 2 1 を用いて説明する。まず、図 2 1 (a) に示すように、ガラスなどの透明な基板 2 2 の表面に各フィルタ特性のフィルタ薄膜 2 7 を形成する。フィルタ薄膜 2 7 を表面に形成した基板 2 2 は、フィルタ 1 7 a、1 7 b、1 7 c、1 7 d、1 7 e の種類と同じ数だけ用意する。また、フィルタ薄膜 2 7 と同じ厚みの AR コート層 2 1 を基板 2 2 の上に形成したものも用意する。

次に、図 2 1 (b) に示すように、基板 2 2 の裏面を研磨して基板 2 2 の厚みをできるだけ薄くし、図 2 1 (c) に示すように光合分波器 8 d で使用するフィルタ 1 7 a、1 7 b、1 7 c、1 7 d、1 7 e や AR コート層 2 1 の幅に切断する。フィルタ 1 7 a - 1 7 e 又は AR コート層 2 1 が表面に形成された基板 2 2 を矩形形状に切断したものは、フィルタブロック 2 9 a - 2 9 g となる。

次に、フィルタ 1 7 a - 1 7 e 付きのフィルタブロック 2 9 a - 2 9 e 及び AR コート層 2 1 付きのフィルタブロック 2 9 f、2 9 g を、図 2 1 (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 2 1 (e) に示すようなフィルタ層 1 7 が完成する。このフィルタ層 1 7 は、透明な接着剤で導光ブロック 1 6 の上面に貼り合わせる。

(第 5 の実施例)

図 2 2 は、本発明の第 5 の実施例による光合分波器 8 e の一部破断した概略断面図であって、第 1 の実施例の図 1 4 及び第 4 の実施例で説明した図 2 0 に相当する図である。この光合分波器 8 e において、第 1 又は第 4 の実施例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 1 7 a、1 7 b、1 7 c、1 7 d、1 7 e は、それぞれ波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ 、 $\lambda 5$ 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 1 7 は、このフィルタ 1 7 a - 1 7 e 又は AR コート層 2 1 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 2 9 a - 2 9 f で構成されている。

図 2 2 に示すように、本実施例の光合分波器 8 e のフィルタ層 1 7 (フィルタブロック 2 9 a - 2 9 f) は、マイクロレンズ 1 2 a - 1 2 f の下方にのみ配置されている。マイクロレンズ 1 2 a - 1 2 f とフィルタ層 1 7 の間隔を決めるスペーサーには、図 2 2 に示すようなマイクロレンズアレイ 1 4 とは完全に別体となったスペーサーブロック 3 1 a、3 1 b のみを用いてもよい。しかしながら、図 2 3 に示す光合分波器 8 e' のように、マイクロレンズアレイ 1 4 と一体形成されたスペーサー 1 5 a、1 5 b、1 5 c、1 5 d と、このスペーサー 1 5 a - 1 5 d 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 3 1 a、3 1 b とを用いるようにすれば、第 1 の実施例で説明したマイクロレンズアレイ 1 4 をこの実施例でも利用することができる。なお、この実施例では、スペーサー 1 5 a 及び 1 5 c とスペーサーブロック 3 1 a とが接合され、スペーサー 1 5 b 及び 1

5 dとスペーサーブロック 3 1 b とが接合されている。

本実施例のフィルタ層 1 7 は、第 4 の実施例で図 2 1 (a) を用いて説明したフィルタ層 1 7 の製造方法で製造することができる。しかしながら、図 2 1 に示す基板 2 2 の上面に成膜されたフィルタ薄膜 2 7 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 2 2 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 2 4 (a) に示すように、基板 2 2 の表面にフィルタ薄膜 2 7 を成膜した後に、図 2 4 (b) に示すようにフィルタ薄膜 2 7 をダイシングブレードで切断しておき、その後で、図 2 4 (c) に示すように、所望する厚みになるまで基板 2 2 の裏面を研磨するとよい。このように、基板 2 2 を研磨する前にフィルタ薄膜 2 7 を分断しておけば、個々のフィルタ薄膜 2 7 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 2 2 が薄くなっても基板 2 2 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 2 7 a は必ずしもフィルタ 1 7 a - 1 7 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。

最後に図 2 4 (d) に示すように、光合分波器 8 e で使用するフィルタ 1 7 a - 1 7 e の幅でフィルタ薄膜 2 7 a 及び基板 2 2 を完全に切断する。その後の工程は、第 4 の実施例で説明したものと同一である。

(第 6 の実施例)

図 2 5 は、本発明の第 6 の実施例である光合分波器 8 f の一部破断した概略断面図であって、第 1 の実施例で説明した図 1 4 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 1 1、下面にマイクロレンズ 1 2 a - 1 2 f とスペーサー 1 5 a、1 5 b、1 5 c、1 5 d を備えたマイクロレンズアレイ 1 4、フィルタ層 1 7 及びミラー層 1 9 から構成されている。

フィルタ層 1 7 は、ガラスなどの透明なブロックの表面にフィルタ 1 7 a、1 7 b、1 7 c、1 7 d、1 7 e 又は AR コート層 2 1 若しくはダミーフィルム 1 8 b を形成したフィルタブロック 2 9 a、2 9 b、2 9 c、2 9 d、2 9 e、2 9 f、2 9 g で構成されている。フィルタ 1 7 a、1 7 b、1 7 c、1 7 d、1 7 e は、それぞれ波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ 、 $\lambda 5$ 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。本実施例の光合分波器 8 f においては、第 4 又は第 5 の実施例で説明した製造方法 (図 2 1、図 2 4) で、フィルタ層 1 7 を製造し、このフィルタ層 1 7 の裏面にミラー層 1 9 を形成している。

(第 7 の実施例)

図 2 6 は、本発明の第 7 の実施例による光合分波器 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 の実施例で説明した光合分波器 2 台をミラー層 1 9 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。

本実施例の光合分波器 8 g は、光ファイバアレイ 1 1 a、マイクロレンズアレイ 1 4 a、フィルタ層 1 7 L、導光ブロック 1 6 a、ミラー層 1 9、導光ブロック 1 6 b、フィルタ層 1 7 M、マイクロレンズアレイ 1 4 b、および光ファイバアレイ 1 1 b から構成されている。ここで、光ファイバアレイ 1 1 a は、光ファイバ 9 a、9 b、9 c、9 d、9 e、9 f とコネクタ 1 0 からなる。また、マイクロレンズアレイ 1 4 a は、下面にマイクロレンズ 1 2 a、1 2 b、1 2 c、1 2 d、1 2 e、1 2 f とスペーサー 1 5 a、1 5 b、1 5 c、1 5 d を備えている。マイクロレンズアレイ 1 4 b は、下面にマイクロレンズ 1 2 g、1 2 h、1 2 i、1 2 j、1 2 k、1 2 l とスペーサー 1 5 a、1 5 b、1 5 c、1 5 d を備えている。光ファイバアレイ 1 1 b は、光ファイバ 9 g、9 h、9 i、9 j、9 k、9 l とコネクタ 1 0 とからなる。

フィルタ層 1 7 L は、AR コート層 (反射防止膜) 2 1 と、それぞれ波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ 、 $\lambda 5$ の光を透過するフィルタ 1 7 a、1 7 b、1 7 c、1 7 d、1 7 e、剥離膜 1 3、ダミーフィルム (スペーサー) 1 8 b で構成されている。このうち、AR コート層 2 1 はマイクロレンズ 1 2 a に対向し、フィルタ 1 7 a - 1 7 e はそれぞれマイクロ

レンズ12b-12fに対向している。また、フィルタ層17Mは、それぞれ波長 $\lambda 6$ 、 $\lambda 7$ 、 $\lambda 8$ 、 $\lambda 9$ 、 $\lambda 10$ の光を透過するフィルタ17f、17g、17h、17i、17j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 $\lambda 6$ 、 $\lambda 7$ 、 $\lambda 8$ 、 $\lambda 9$ 、 $\lambda 10$ の光を透過するフィルタ17kが設けられている。

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 $\lambda 1$ - $\lambda 10$ 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。

このフィルタ17kでは、波長 $\lambda 1$ - $\lambda 5$ の光が反射される。反射された光 $\lambda 1$ - $\lambda 5$ 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 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ 、 $\lambda 5$ 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 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ 、 $\lambda 5$ の光を取り出すことができる。

また、ミラー層19のフィルタ17kを透過した波長 $\lambda 6$ - $\lambda 10$ 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 $\lambda 6$ 、 $\lambda 7$ 、 $\lambda 8$ 、 $\lambda 9$ 、 $\lambda 10$ の光が透過して分波され、光ファイバ9h、9i、9j、9k、9lからは、それぞれ波長 $\lambda 6$ 、 $\lambda 7$ 、 $\lambda 8$ 、 $\lambda 9$ 、 $\lambda 10$ の光を取り出すことができる。

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。

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

（第8の実施例）

第1-第7の実施例ではいずれも、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、コストも高くつき易い。第8の実施例は、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。

図27は、本発明の第8の実施例による光合分波器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。

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 9 a - 9 f の端面が各マイクロレンズ 35 a - 35 f のほぼ焦点に位置するように定められている。

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ー 38 が突設され、両スペーサー 38 間にはマイクロレンズ 35 a - 35 f 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 39 a、39 b、39 c、39 d、39 e、39 f が設けられている。各プリズム 39 a - 39 f は等しい傾斜角を有しており、そのうちプリズム 39 b - 39 f は等しい方向に傾斜し、プリズム 39 a だけが他のプリズム 39 b - 39 f と反対向きに傾斜している。また、スペーサー 38 及びプリズム 39 a - 39 f は、プリズムブロック 37 の上面で、同一断面形状を保って前後方向に延びている。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ー 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ー 38 を形成し、スペーサー 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 39 a - 39 f を設けていてもよい。

フィルタ層 17 は、一对のダミーフィルム 18 a と 18 b の間に、透過波長域を $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ とする（図 8 参照）複数枚のフィルタ 17 a、17 b、17 c、17 d を並べて構成されている。フィルタ 17 a - 17 d はマイクロレンズ 35 a - 35 f 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 18 a、18 b の厚みは、フィルタ 17 a - 17 d の厚みと等しくなっている。なお、フィルタ 17 a - 17 d、ダミーフィルム 18 a、18 b 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もよい。また、各フィルタ 17 a - 17 d 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もよい。

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。

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。この実施例では、フィルタ 17 a - 17 d と同じ厚みのダミーフィルム 18 a、18 b 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 39 a - 39 f はそれぞれマイクロレンズ 35 a - 35 f に対向させられる。この結果、マイクロレンズ 35 a - 35 f、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。

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

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。

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3 5 d-3 5 fによって平行光に変換され、プリズム3 9 d-3 9 fで屈折されてプリズムブロック3 7内に入り、ミラー層1 9へ向かう。逆に、ミラー層1 9で反射された後にプリズム3 9 d-3 9 fに向かう平行光は、それぞれプリズム3 9 d-3 9 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3 5 d-3 5 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1 7 b、1 7 c、1 7 dは、それぞれ、これらの光の光路上に位置している。

なお、各フィルタ1 7 a-1 7 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1 6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3 9 aを透過する位置と、ミラー層1 9で反射しフィルタ1 7 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3 7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3 7の厚みや導光ブロック1 6の厚みを調整することにより、プリズム3 9 c-3 9 fに戻ってくる光がプリズム3 9 c-3 9 fの位置に一致するように調整することができる。

次に、この光合分波器8 hにおける光の分波動作を図2 8により説明する。波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ 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3 5 aに入射した光は、マイクロレンズ3 5 aによって平行光に変換された後、プリズム3 9 aに入射する。プリズム3 9 aに入射した光は、プリズム3 9 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3 7内に斜めに入射し、ダミーフィルム1 8 a及び導光ブロック1 6を透過してミラー層1 9に達する。ミラー層1 9で反射した波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ の光は、再び導光ブロック1 6を透過してフィルタ1 7 aに到達する。フィルタ1 7 aに入射した光のうち、波長 $\lambda 1$ の光はフィルタ1 7 aを透過してプリズム3 9 cに入射し、プリズム3 9 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3 5 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 $\lambda 1$ の光のみを取り出すことができる。

一方、フィルタ1 7 aで反射された波長 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ の光は、ミラー層1 9で再度反射してフィルタ1 7 bに入射する。フィルタ1 7 bに入射した光のうち、波長 $\lambda 2$ の光はフィルタ1 7 bを透過してプリズム3 9 dに入射し、プリズム3 9 dを透過する際に光軸方向を曲げられ、マイクロレンズ3 5 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 $\lambda 2$ の光を取り出すことができる。

同様に、フィルタ1 7 bで反射された波長 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ の光は、さらにミラー層1 9で反射してフィルタ1 7 cに入射する。フィルタ1 7 cに入射した光のうち、波長 $\lambda 3$ の光はフィルタ1 7 cを透過してプリズム3 9 eに入射し、プリズム3 9 eを透過する際に光軸方向を曲げられ、マイクロレンズ3 5 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 $\lambda 3$ の光を取り出すことができる。

さらに、フィルタ1 7 cで反射された波長 $\lambda 4$ の光は、さらにミラー層1 9で反射してフィルタ1 7 dに入射する。フィルタ1 7 dを透過した波長 $\lambda 4$ の光はプリズム3 9 fに入射し、プリズム3 9 fを透過する際に光軸方向を曲げられ、マイクロレンズ3 5 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 $\lambda 4$ の光を取り出すことができる。

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 $\lambda 1$ - $\lambda 4$ 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1 5参照)。

ここで、合分波用ブロック3 6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3 6を組み立てる場合には、図3 0に示すように、プリズムブロック3 7と導光ブロック1 6の間にフィルタ層1 7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1 6の上面にダミーフィルム1 8 a、フィルタ1 7 a-1 7 d、ダミーフィルム1 8 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3 7の下面を接着してもよい。このとき、ダミーフィルム1 8 a又はダミーフィルム1 8 bの端をプリズムブロック3 7の下面の端に合わせるようにすれ

ば、ダミーフィルム18a又は18bの幅によってフィルタ17a-17dを位置決めすることができる。

また、図31(a)に示すように、ダミーフィルム18a、18bを用いないでフィルタ17a-17dのみで(フィルタ17a-17d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。

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、接着剤を用いないでプリズムブロック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を挟み込んでよい。接着剤を用いないでプリズムブロック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。

また、図30に示した例では、ダミーフィルム18a又はダミーフィルム18bの幅によってフィルタ17a-17d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ので、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。

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39a-39fとフィルタ層17との位置決めのためには、プリズムブロック37に溝42を設けておく方が好ましい。

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を接合するようになれば、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。

次に、この実施例による光合分波器8h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、アルミニウム、真鍮等の金属板からなるプレート45a、45b、45c、45d、45e、45fをプリズム39a-39fの枚数と等しい枚数だけ用意する。これらのプレート45a-45fは、プリズム39a-39f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45a-45f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45a-45f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45a-45fの端面を一度に研削することができ、しかも、各プレート45a-45f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45a-45f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39a-39fの傾きと等しくなっている。

ついで、図36(c)に示すように、一番上の45aを裏返して重ね、傾斜面46側を揃えて各プレート45a-45fを揃え直す。この状態では、各プレート45a-45f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45a-45f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。

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。

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45a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。

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。

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。

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。

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。

なお、この実施例の変形例としては、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)。

また、図 27 に示したような構造の光合分波器 8 h の場合には、2 番目のプリズム 39 b は無くてもよい。しかし、この実施例では、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 39 b を設けている。

(第 9 の実施例)

本発明の第 9 の実施例による光合分波器は、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 14 にマイクロレンズ 35 a - 35 f とプリズム 39 a - 39 f 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 の実施例による光合分波器 8 i 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 の実施例と同様な構造を有している。

この実施例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 35 a - 35 f を一列に形成する。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。

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。

このような構造の光合分波器 8 i においても、第 8 の実施例と同様にして、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。

また、このような図 44 (a) 及び (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 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ 、 $\lambda 5$ 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。

(第 10 の実施例)

図 46 は本発明の第 10 の実施例による光合分波器 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 の実施例による光合分波器 8 b と同様な構造を有している。

この実施例では、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。

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。

よって、この光合分波器 8 j にあっても、第 1 の実施例による光合分波器 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。

(第 11 の実施例)

図 47 は本発明の第 11 の実施例による光合分波器 8 k を示す分解斜視図である。この光合分波器 8 k にあつては、光ファイバ 9 a-9 f と光ファイバ 59 a-59 f の二組の平行な光ファイバ束の先端部がコネクタ 10 に保持されて光ファイバアレイ 11 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 59 a-59 f とが図 47 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 59 e とが前後方向に対向し、光ファイバ 9 d と光ファイバ 59 d とが前後方向に対向し、光ファイバ 9 e と光ファイバ 59 c とが前後方向に対向している。マイクロレンズアレイ 14 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 12 a、12 c-12 f が設けられ、光ファイバ 59 a、59 c-59 f の各端面に対応してマイクロレンズ 60 a、60 c-60 f が設けられている。合分波用ブロック 36 は、裏面にミラー層 19 を形成された導光ブロック 16 とカバー部材 20 との間に、フィルタ 17 a-17 d からなるフィルタ層 17 を挟み込んだものである。

図 48 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 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ の多重化光信号は光合分波器 8 k により分波され、波長 $\lambda 1$ の光信号が光ファイバ 9 c へ入射し、波長 $\lambda 2$ の光信号が光ファイバ 9 d へ入射し、波長 $\lambda 3$ の光が光ファイバ 9 e へ入射し、波長 $\lambda 4$ の光信号が光ファイバ 9 f へ入射する。この際の実施例で説明した通りである（図 14 の説明を参照）。

また、図 49 は光ファイバ 59 a-59 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 59 f から入射した波長 $\lambda 1$ の光信号と、光ファイバ 59 e から入射した波長 $\lambda 2$ の光信号と、光ファイバ 59 d から入射した波長 $\lambda 3$ の光信号と、光ファイバ 59 c から入射した波長 $\lambda 4$ の光信号は光合分波器 8 k により合波され、光ファイバ 59 a には多重化された波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ の光信号が入射する。この際の実施例で説明した通りである（図 15 の説明を参照）。

従つて、この光合分波器 8 k では、図 50 に示すように、光ファイバ 9 a-9 f、マイクロレンズ 12 a、12 c-12 f 及びフィルタ層 17 の一部によつて分波部が構成されており、光ファイバ 59 a-59 f、マイクロレンズ 60 a、60 c-60 f 及びフィルタ層 17 の一部によつ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 17 a-17 d を共用している。

図 51 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 61、62 によつて接続されている。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 59 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 61 によつて接続されており、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 59 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 62 によつて接続されている。

しかして、一方の局では、光合分波器 8 k によつて波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ の光信号を合波して多重化された波長 $\lambda 1$ - $\lambda 4$ の光信号を 1 本の光ファイバケーブル 61 によつ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 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ 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 によつて波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ の光信号を合波して多重化された波長 $\lambda 1$ - $\lambda 4$ の光信号を 1 本の光ファイバケーブル 62 によつ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 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ の光信号を個別に取り出す。

図 4 7 の実施例では、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 $\lambda 1$ の光に順次波長 $\lambda 2$ の光、波長 $\lambda 3$ の光、波長 $\lambda 4$ 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 $\lambda 4$ の光に順次波長 $\lambda 3$ の光、波長 $\lambda 2$ の光、波長 $\lambda 1$ 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。

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 $\lambda 4$ の光を始めに導入して、そこに波長 $\lambda 3$ の光を合波させ、次に波長 $\lambda 2$ の光を合波させ、次に波長 $\lambda 1$ 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 $\lambda 1$ の光を分波して取り出し、次に波長 $\lambda 2$ の光を分波して取り出し、次に波長 $\lambda 3$ の光を分波して取り出し、最後に波長 $\lambda 4$ 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 $\lambda 4$ 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 $\lambda 1$ 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。

これに対し、図 4 7 のような実施例にあたる図 5 2 (a) の場合には、波長 $\lambda 1$ の光を始めに導入して、そこに波長 $\lambda 2$ の光を合波させ、次に波長 $\lambda 3$ の光を合波させ、次に波長 $\lambda 4$ 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 $\lambda 1$ の光を分波して取り出し、次に波長 $\lambda 2$ の光を分波して取り出し、次に波長 $\lambda 3$ の光を分波して取り出し、最後に波長 $\lambda 4$ 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 $\lambda 1$ 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 $\lambda 4$ 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。

図 5 3 は本発明の第 1 1 の実施例の変形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 7 3 a、7 3 c - 7 3 f とプリズム 7 4 a、7 4 c - 7 4 f によってマイクロレンズ 6 0 a、6 0 c - 6 0 f の働きをしている。

図 5 4 は本発明の第 1 1 の実施例の別な変形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 にあつては、図 5 5 に示すように、マイクロレンズア

レイ 14 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 14 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 19 を形成された導光ブロック 16 とカバー部材 20 との間にフィルタ層 17 を挟み込んで合分波用ブロック 36 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 47 の光合分波器 8 k におけるマイクロレンズ 12 a、12 c-12 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。

(第 12 の実施例)

図 56 は本発明の第 12 の実施例による光合分波器 8 p を示す断面図である。第 11 の実施例による光合分波器 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 61、62 が必要であったが、第 12 の実施例では 1 本の光ファイバケーブル 61 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。

この光合分波器 8 p にあつては、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 11 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 12 a、12 c、12 d、12 e、12 f 及びフィルタ 17 a、17 b、17 c、17 d によって構成されている。ここで、フィルタ 17 a は波長 $\lambda 1$ 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 17 b は波長 $\lambda 2$ 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 17 c は波長 $\lambda 3$ 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 17 d は波長 $\lambda 4$ 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。

光合分波器 8 p の合波部は、光ファイバアレイ 11 に保持された光ファイバ 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 によって構成されている。ここで、フィルタ 63 a は波長 $\lambda 5$ 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 63 b は波長 $\lambda 6$ 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 63 c は波長 $\lambda 7$ 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 63 d は波長 $\lambda 8$ 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。

合波部の光ファイバ 59 a は、端面を分波部のマイクロレンズ 12 a と 12 c の間に配置されたマイクロレンズ 12 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 17 内のフィルタ 17 a と隣接する位置には、波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ の光を透過させ、波長 $\lambda 5$ 、 $\lambda 6$ 、 $\lambda 7$ 、 $\lambda 8$ の光を反射させる特性を有するフィルタ 64 が配置されている。

この光合分波器 8 p の分波部においては、波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ 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 12 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 64 に入射する。波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ の光はフィルタ 64 を透過し、ミラー層 19 で反射した後、波長 $\lambda 1$ の光のみがフィルタ 17 a を透過し、マイクロレンズ 12 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 17 a で反射した波長 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ の光は、再びミラー層 19 で反射した後、波長 $\lambda 2$ 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 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ の光は、再びミラー層 19 で反射した後、波長 $\lambda 3$ 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 $\lambda 4$ の光は、再びミラー層 19 で反射した後、波長 $\lambda 4$ 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。

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 $\lambda 5$ 、 $\lambda 6$ 、 $\lambda 7$ 、 $\lambda 8$ 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 $\lambda 8$ 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 $\lambda 7$ 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 $\lambda 7$ の光とフィルタ 63 c で反射した波長 $\lambda 8$ 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 $\lambda 6$ 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 $\lambda 6$ の光とフィルタ 63 b で反射した波長 $\lambda 8$ 及び $\lambda 7$ 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 $\lambda 5$ 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 $\lambda 5$ の光とフィルタ 63 a で反射した波長 $\lambda 8$ 、 $\lambda 7$ 及び $\lambda 6$ 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。

こうして光ファイバ 59 a に入射した波長 $\lambda 5$ 、 $\lambda 6$ 、 $\lambda 7$ 及び $\lambda 8$ 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 $\lambda 5$ 、 $\lambda 6$ 、 $\lambda 7$ 及び $\lambda 8$ 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。

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。

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。

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。

しかして、光合分波器 8 p で波長 $\lambda 5 - \lambda 8$ 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 $\lambda 5 - \lambda 8$ に分波され、各波長 $\lambda 5 - \lambda 8$ の光信号が取り出される。ここで、例えば波長 $\lambda 8$ 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 $\lambda 5$ 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 $\lambda 5 - \lambda 8$ の光信号の伝送距離（光路長）は互いに等しくなっている。

同様に、光合分波器 8 p' で波長 $\lambda 1 - \lambda 4$ 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 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 $\lambda 1 - \lambda 4$ に分波され、各波長 $\lambda 1 - \lambda 4$ の光信号が取り出される。ここで、例えば波長 $\lambda 1$ 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 $\lambda 4$ 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 $\lambda 1 - \lambda 4$ の光信号の伝送距離（光路長）は互いに等しくなっている。

なお、光合分波器 8 p、8 p' の合波部と分波部とは、図 56 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。

図 58 は第 12 の実施例の変形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 59 a でつないでいたが、図 58 の光合分波器 8 q では、2 つの直角三角形の凹部 65、66 を用いて合波部と分波部とを結んでいる。すなわち、この変形例では、カバー部材 20 の上面に断面直角三角形をした凹部 65、66 が設けられており、合波部で合波された波長 $\lambda 5$ 、 $\lambda 6$ 、 $\lambda 7$ 、 $\lambda 8$ の光は、凹部 65 及び 66 で全反射することによってフィルタ 64 に入射し、フィルタ 64 で反射した後に光

ファイバ 9 a に結合される。

図 5 9 は第 1 2 の実施例の別な変形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。この光合分波器 8 r にあっては、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。

(第 1 3 の実施例)

上記各実施例では、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) やフォトトランジ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。

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) がフィルタ層 1 7 に垂直な方向を向くように配置されており、発光素子 6 7 c-6 7 f 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 1 7 に垂直な方向を向くように配置されている。

このようにして構成された光合分波器 8 s によれば、発光素子 6 7 c-6 7 f 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 6 8 c-6 8 f 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 6 8 c-6 8 f 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 6 7 c-6 7 f についても同様である。

図 6 1 は第 1 3 の実施例の変形例による光合分波器 8 t の構造を示す概略断面図である。この光合分波器 8 t にあっては、次のような構成によって図 6 0 の光合分波器 8 s 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 1 4 の下面には、光ファイバ 9 a 及び受光素子 6 8 c-6 8 f 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、発光素子 6 7 c-6 7 f 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。

(第 1 4 の実施例)

図62は本発明の第14の実施例による光合分波器(トランスポンダ)8uを示す断面図である。この実施例では、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 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_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 λ_5 の光のみを透過させる回折素子72a、波長 λ_6 の光のみを透過させる回折素子72b、波長 λ_7 の光のみを透過させる回折素子72c、波長 λ_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。

しかして、各発光素子67c-67fから出射された波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_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 λ_5 、 λ_6 、 λ_7 、 λ_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 λ_5 の光だけが回折素子72aを透過して受光素子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 λ_6 、 λ_7 又は波長 λ_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。

図63は第14の実施例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にあつては、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。

産業上の利用可能性

本発明の光合分波器は、光通信システムや光信号伝送システムなどにおいて、光信号を合波または分波する用途に用いることができる。

請求の範囲

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。
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。
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、
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する光合分波器。
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。
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。
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、
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する光合分波器。
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。

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。

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。

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、

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。

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10に記載の光合分波器。

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10に記載の光合分波器。

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、

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。

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。

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。

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。

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。

18. 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。

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。

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。

21. 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

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する光合分波器。

2 2. 一対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対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する光合分波器。

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。

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。

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。

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 25 に記載の光合分波器。

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 25 に記載の光合分波器。

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。

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の上に、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する光合分波器の製造方法。

30. 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する光合分波器の製造方法。

31. 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の上に、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。

32. 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。

33. 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の基板の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。

34. 第2の基板の上に波長選択素子を形成する前記工程においては、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の基板を形成することを特徴とする、請求項33に記載の光合分波器の製造方法。

35. 第2の基板の上に波長選択素子を形成する前記工程においては、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裁断することにより、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33に記載の光合分波器の製造方法。

36. 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、
を備えた光合分波器の製造方法。

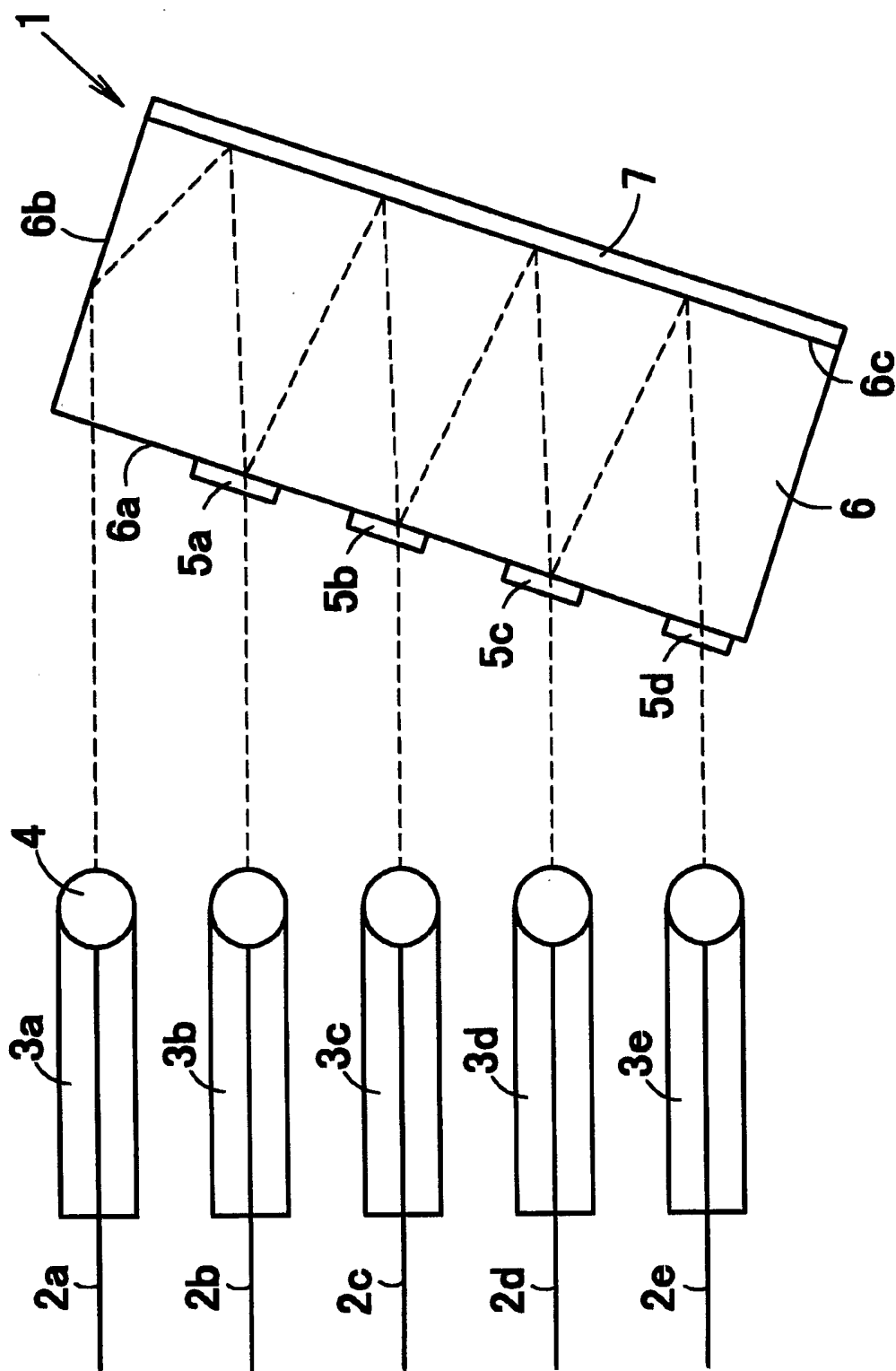


Fig. 1

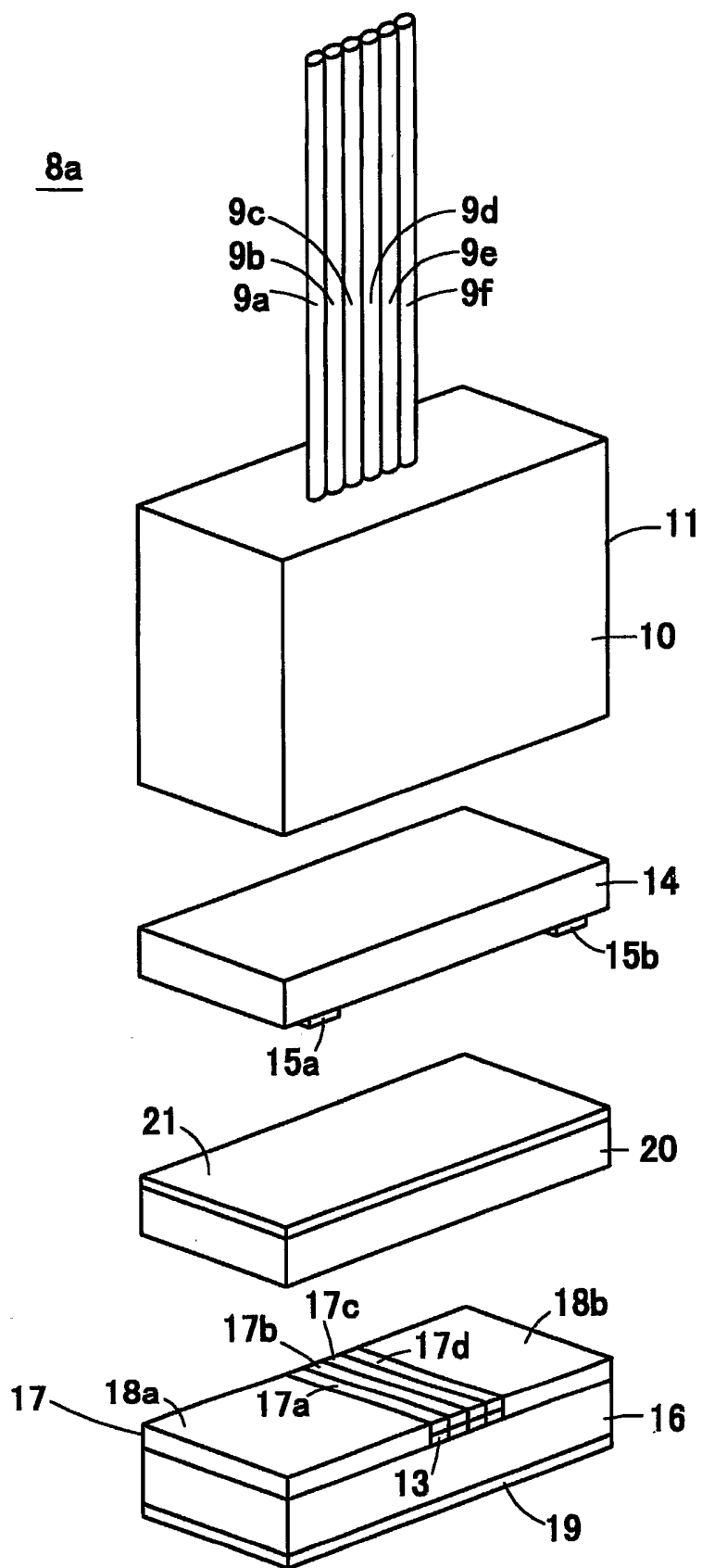


Fig. 2

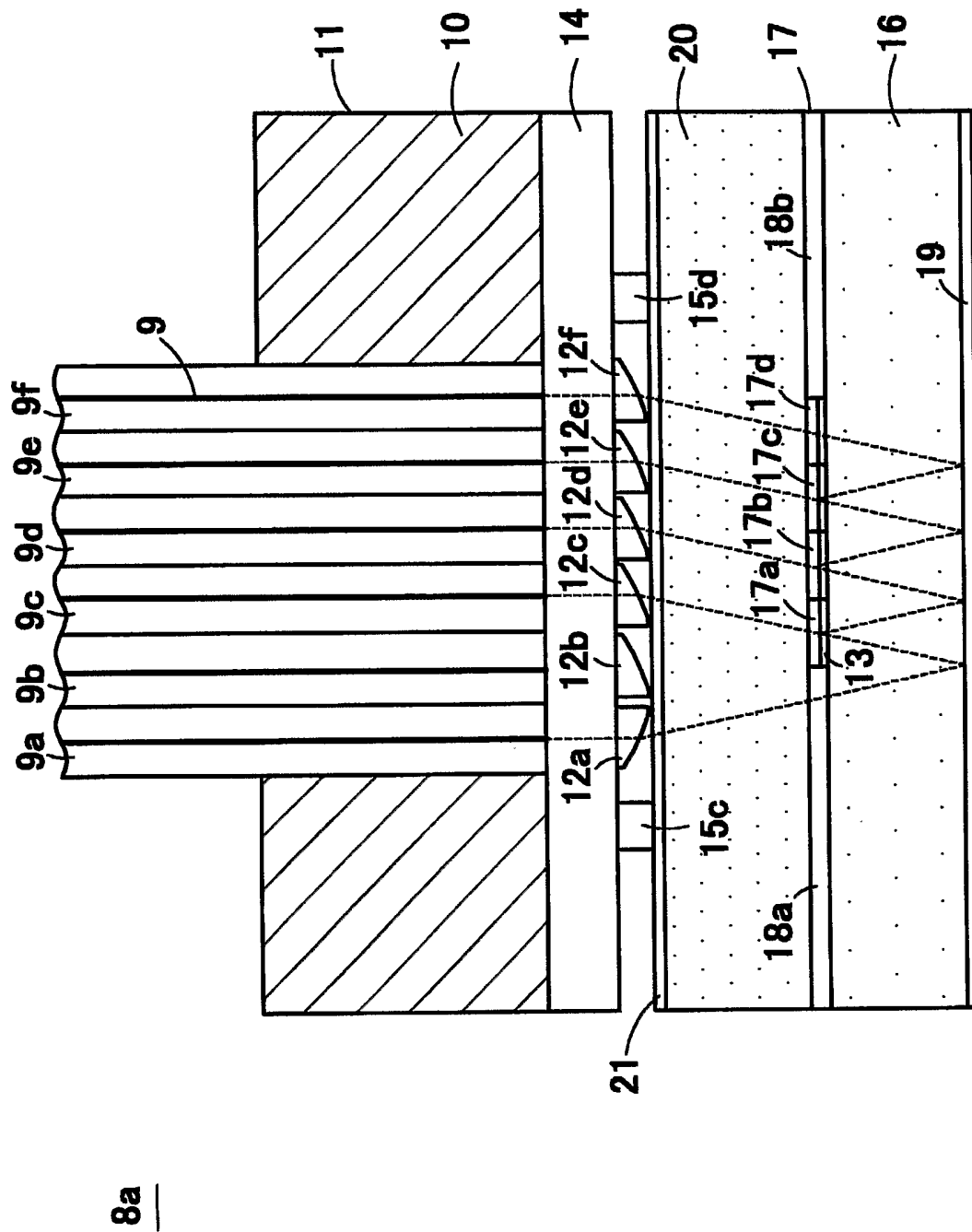


Fig. 3

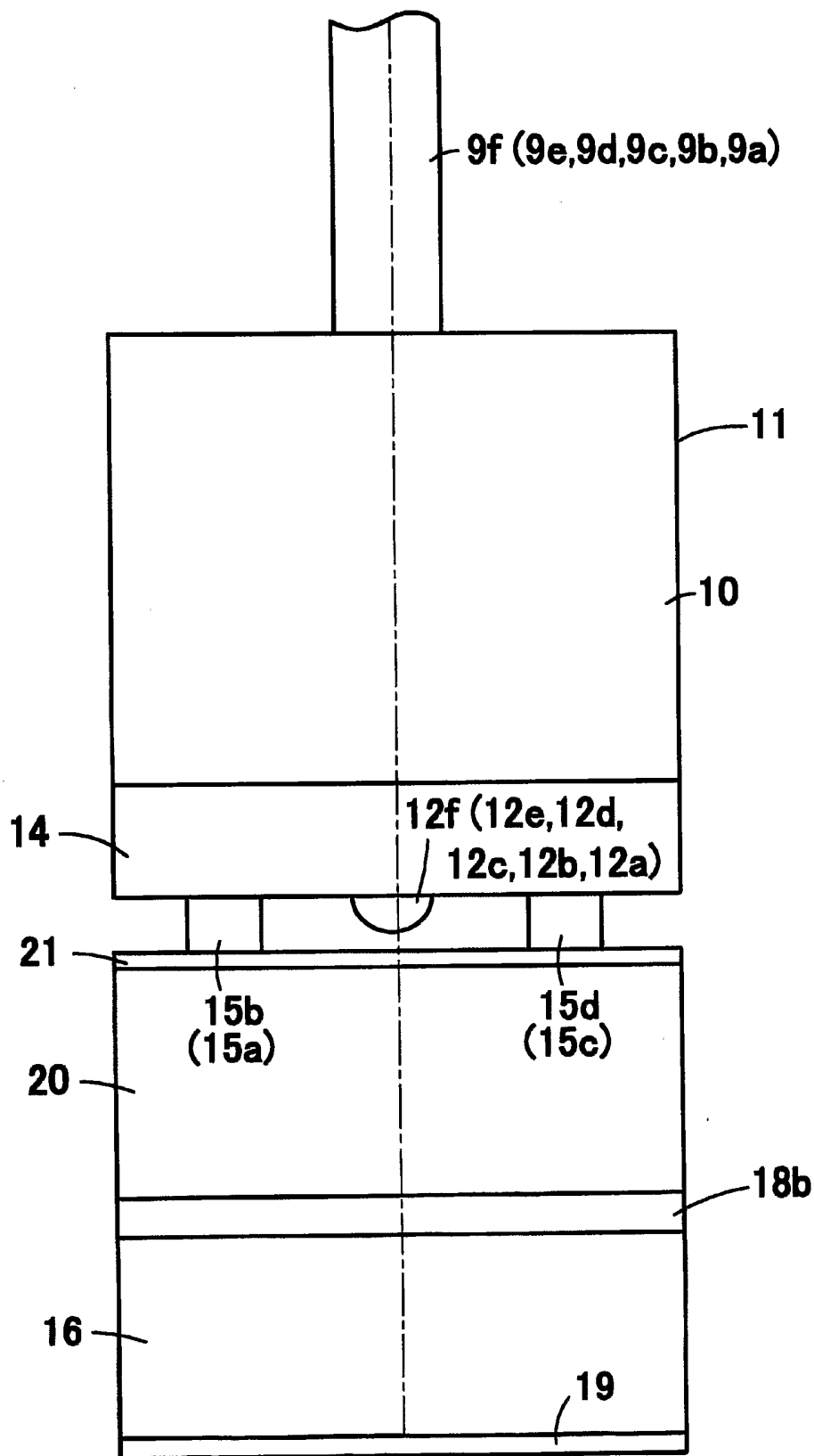


Fig. 4

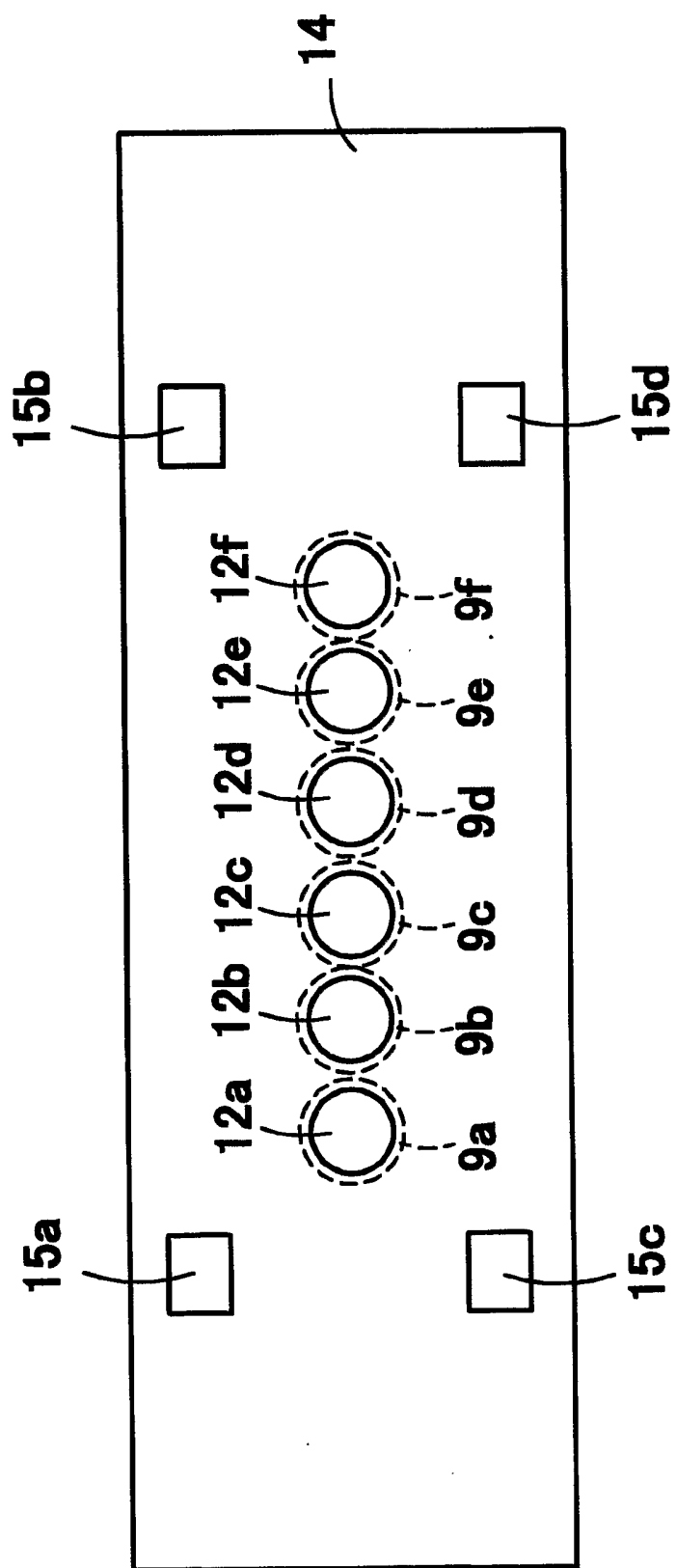


Fig. 5

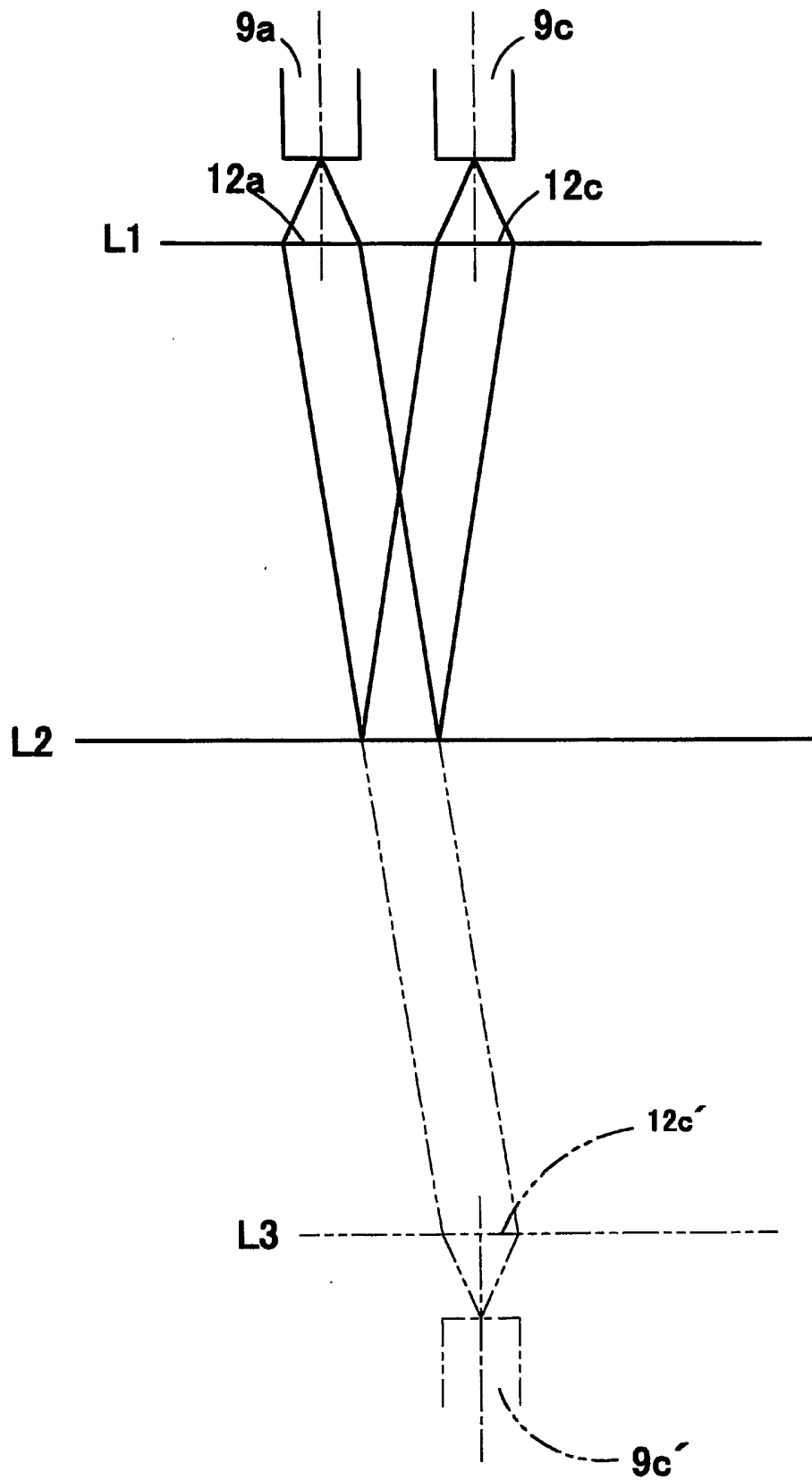


Fig. 6

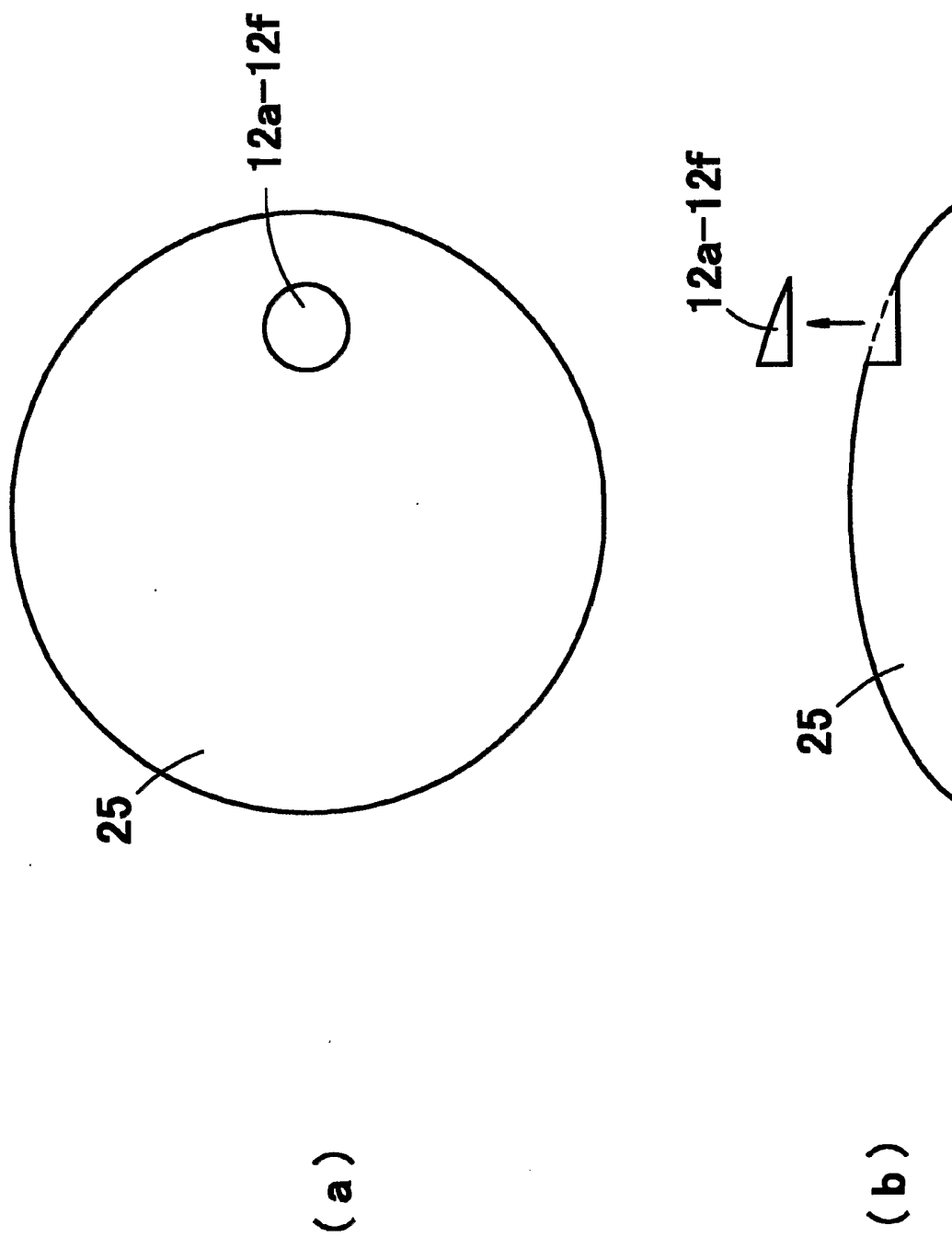


Fig. 7

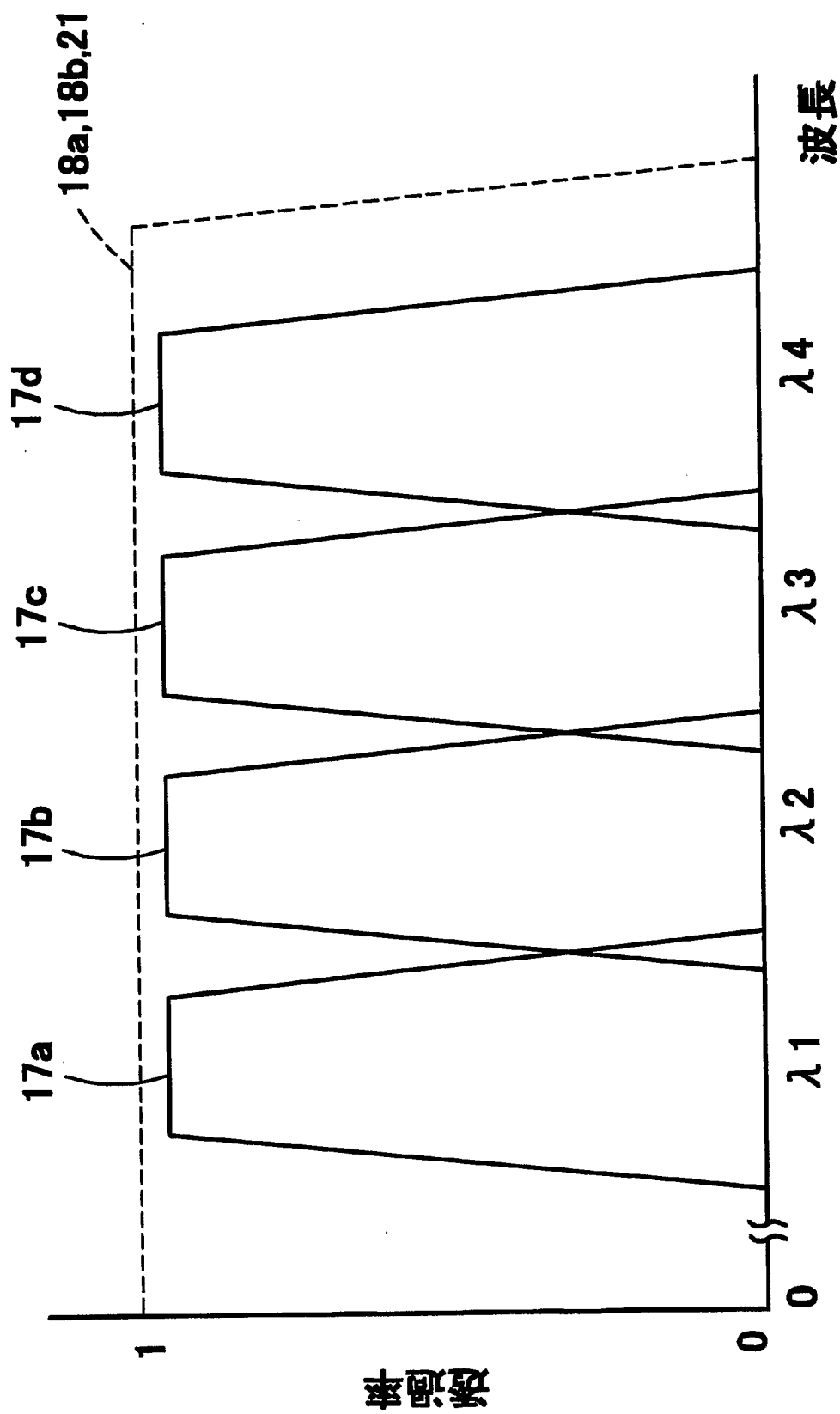


Fig. 8

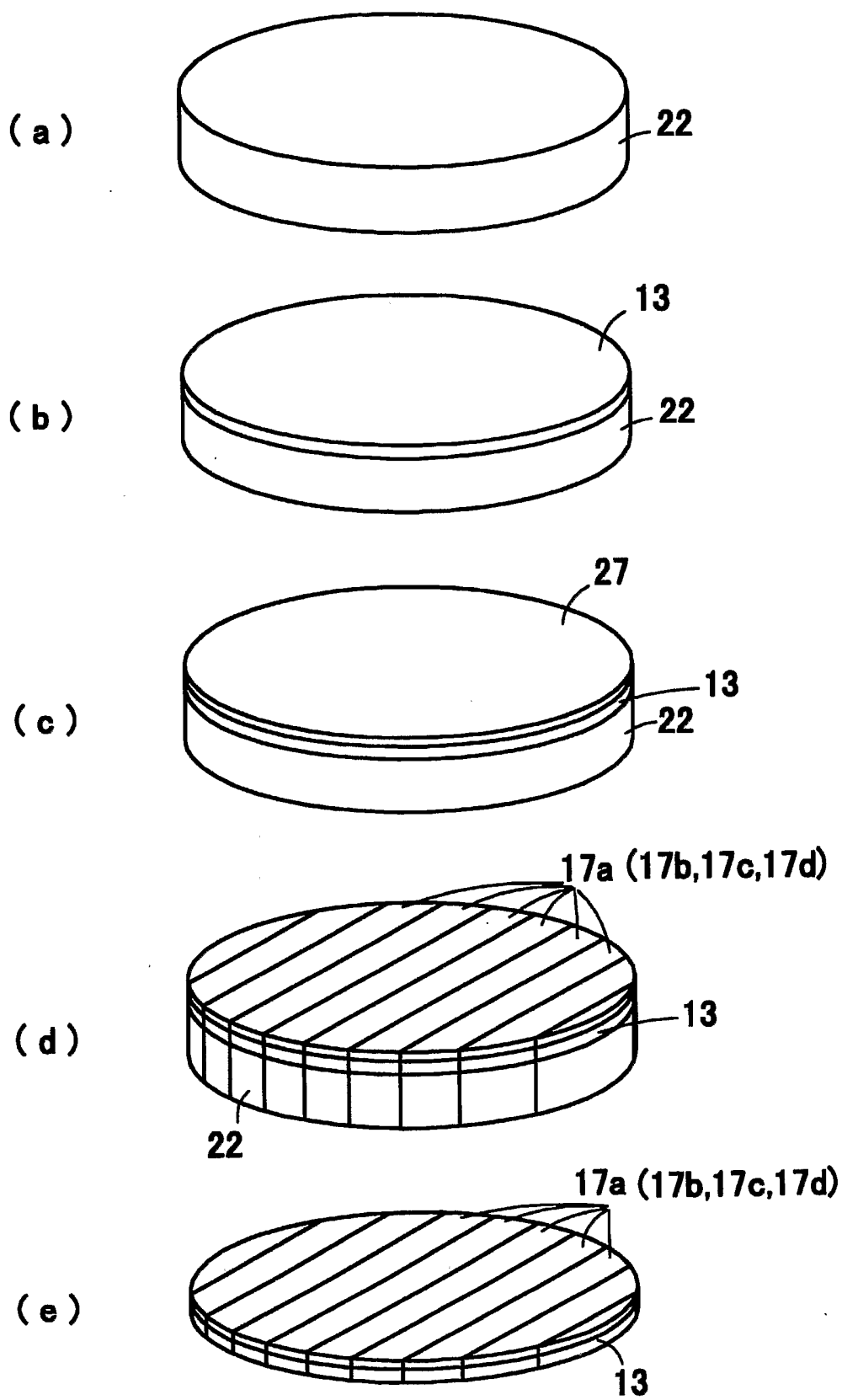
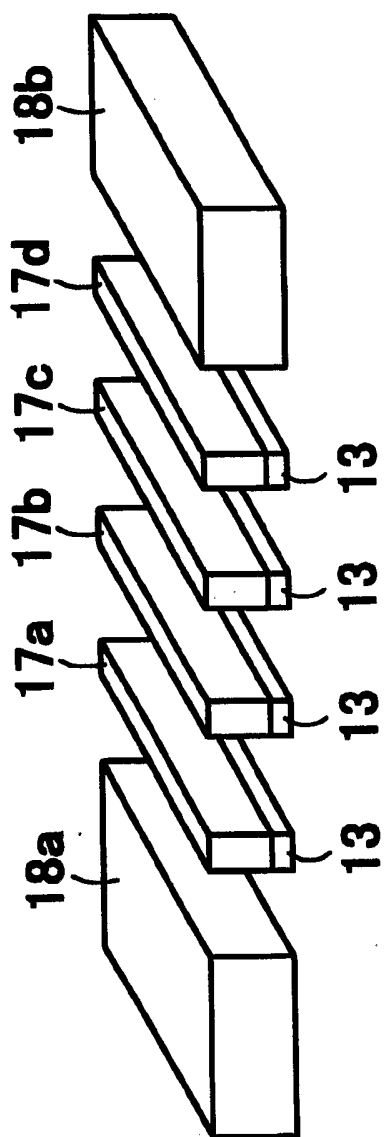
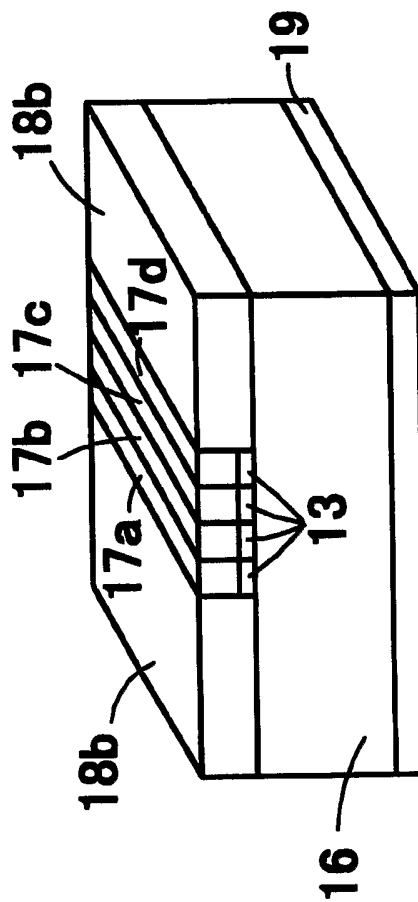


Fig. 9



(f)



(g)

Fig. 10

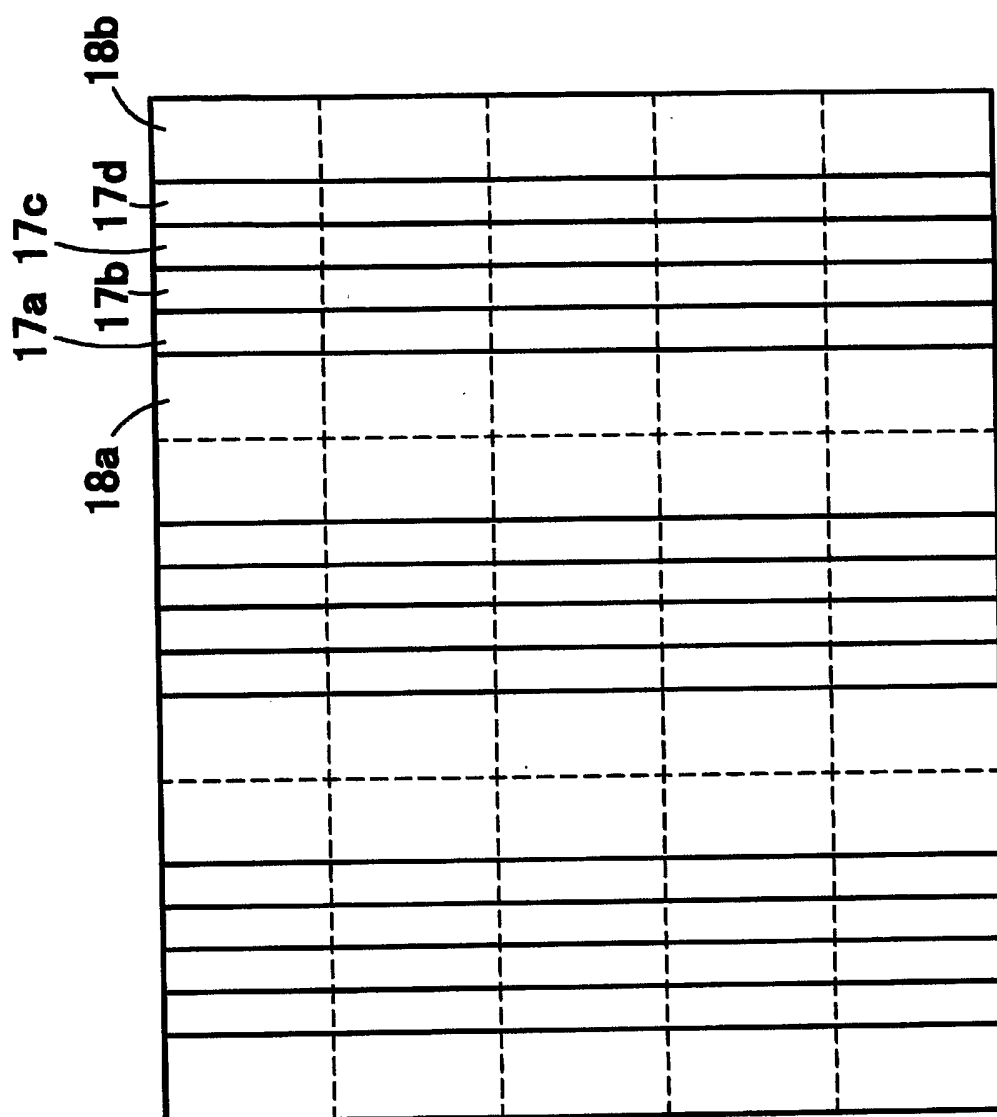


Fig. 11

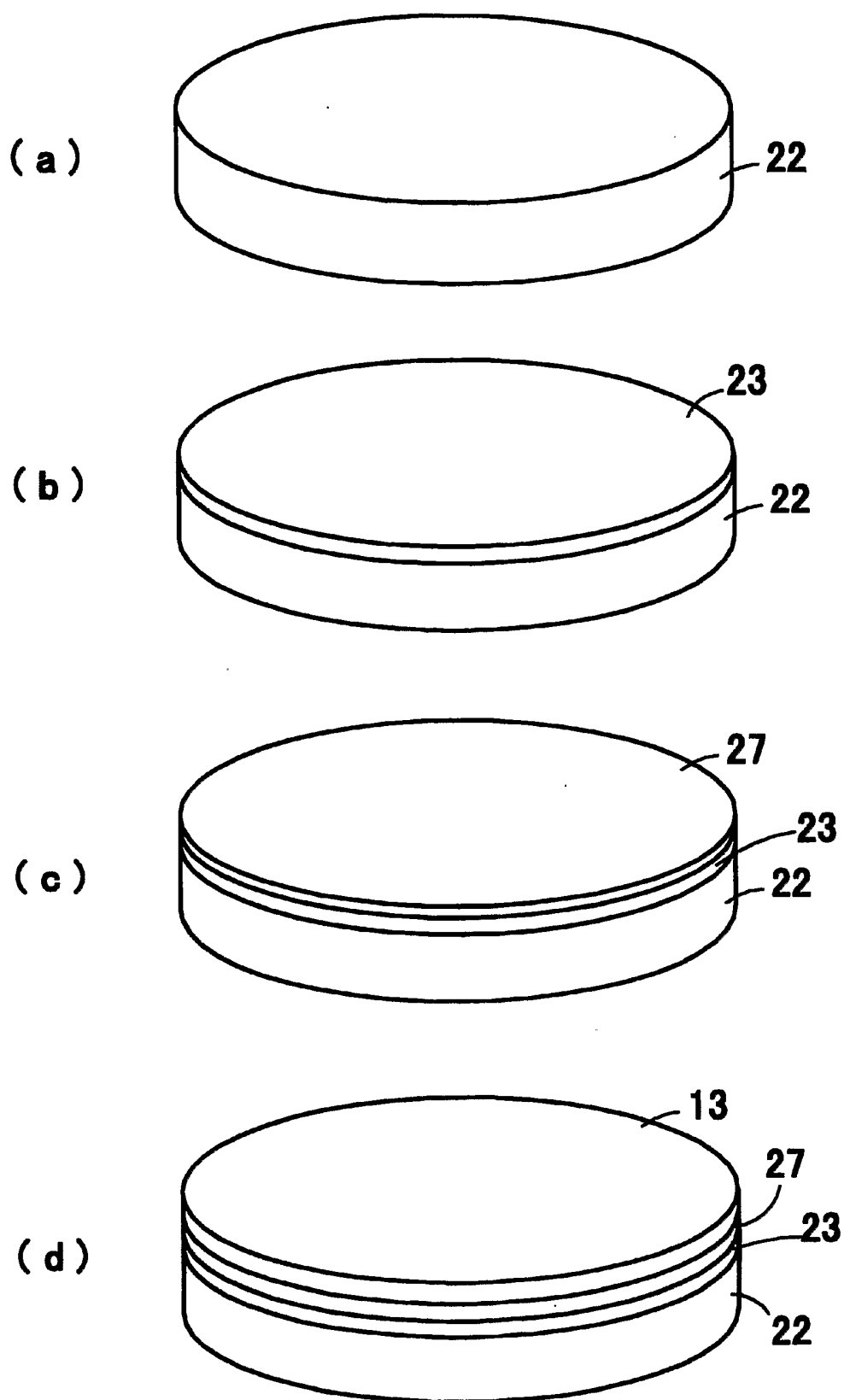


Fig. 12

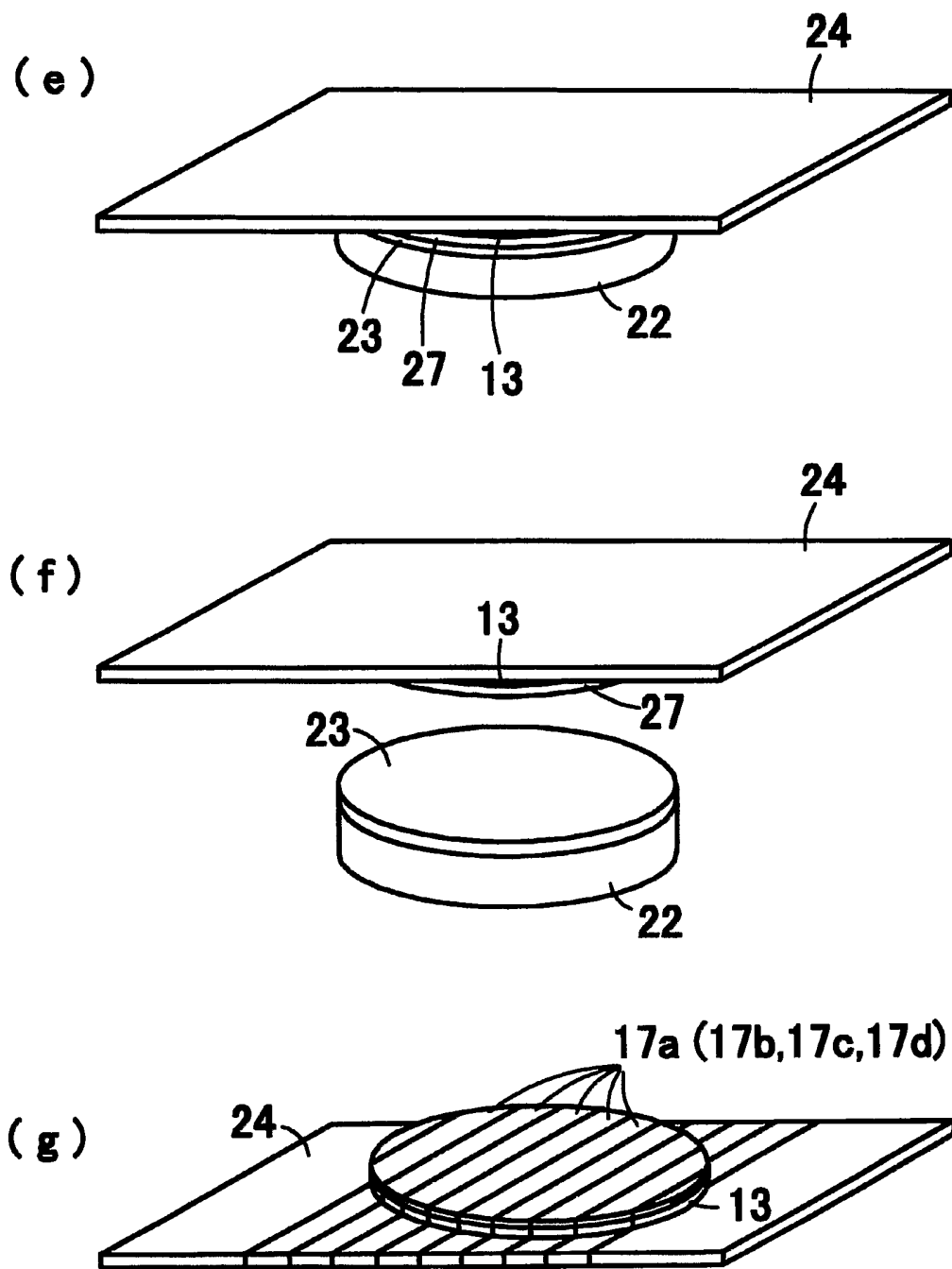


Fig. 13

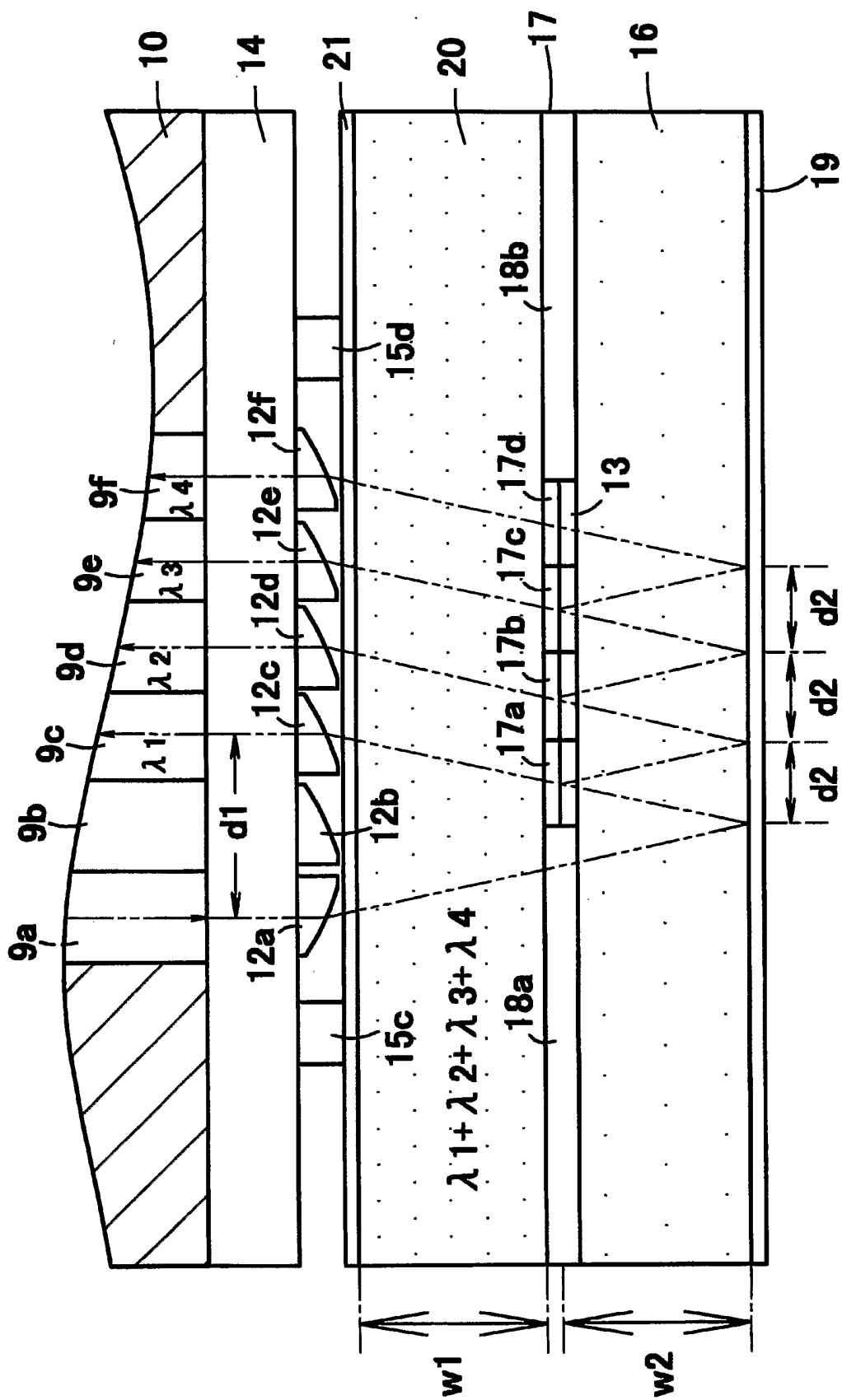


Fig. 14

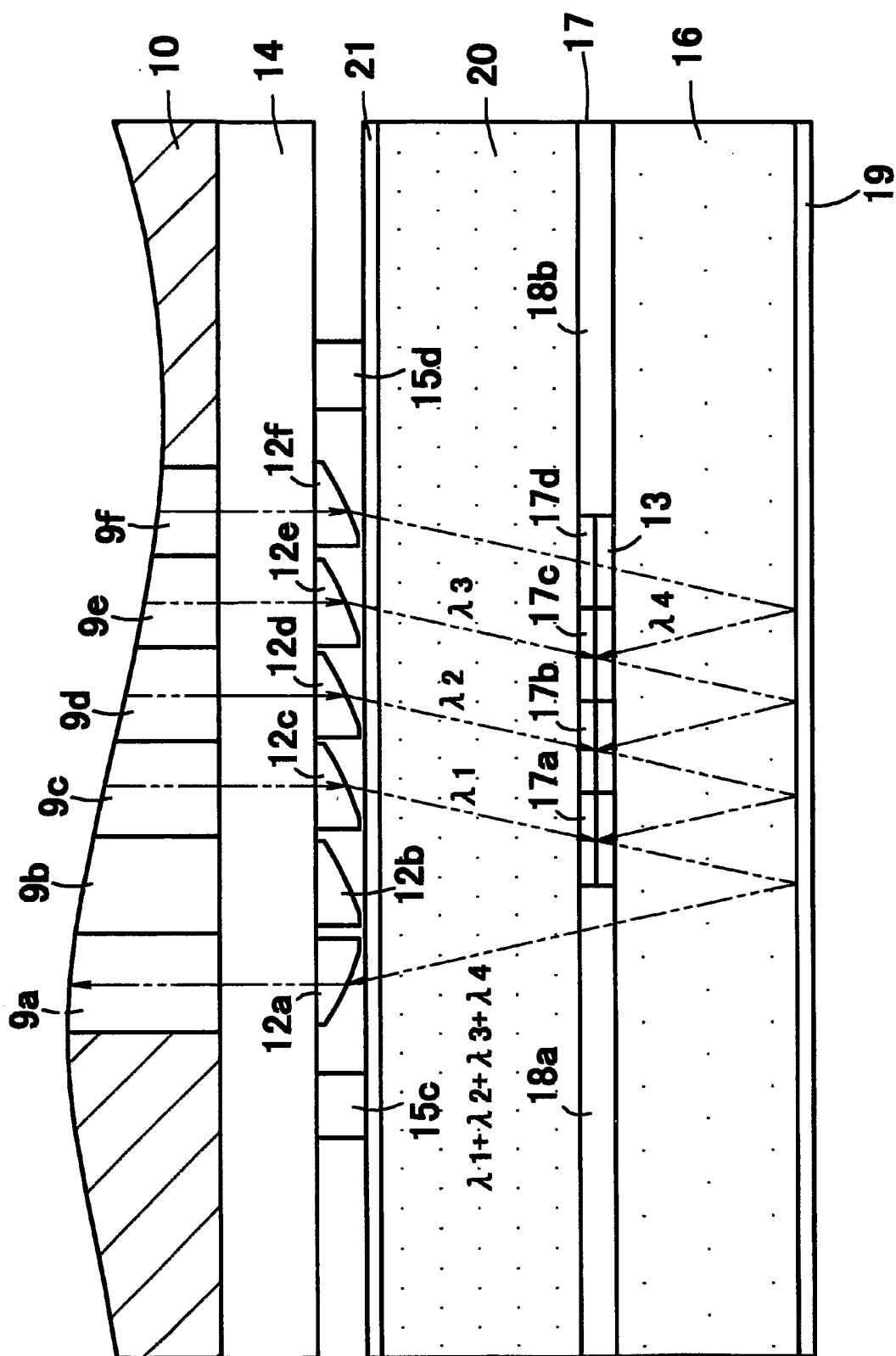


Fig. 15

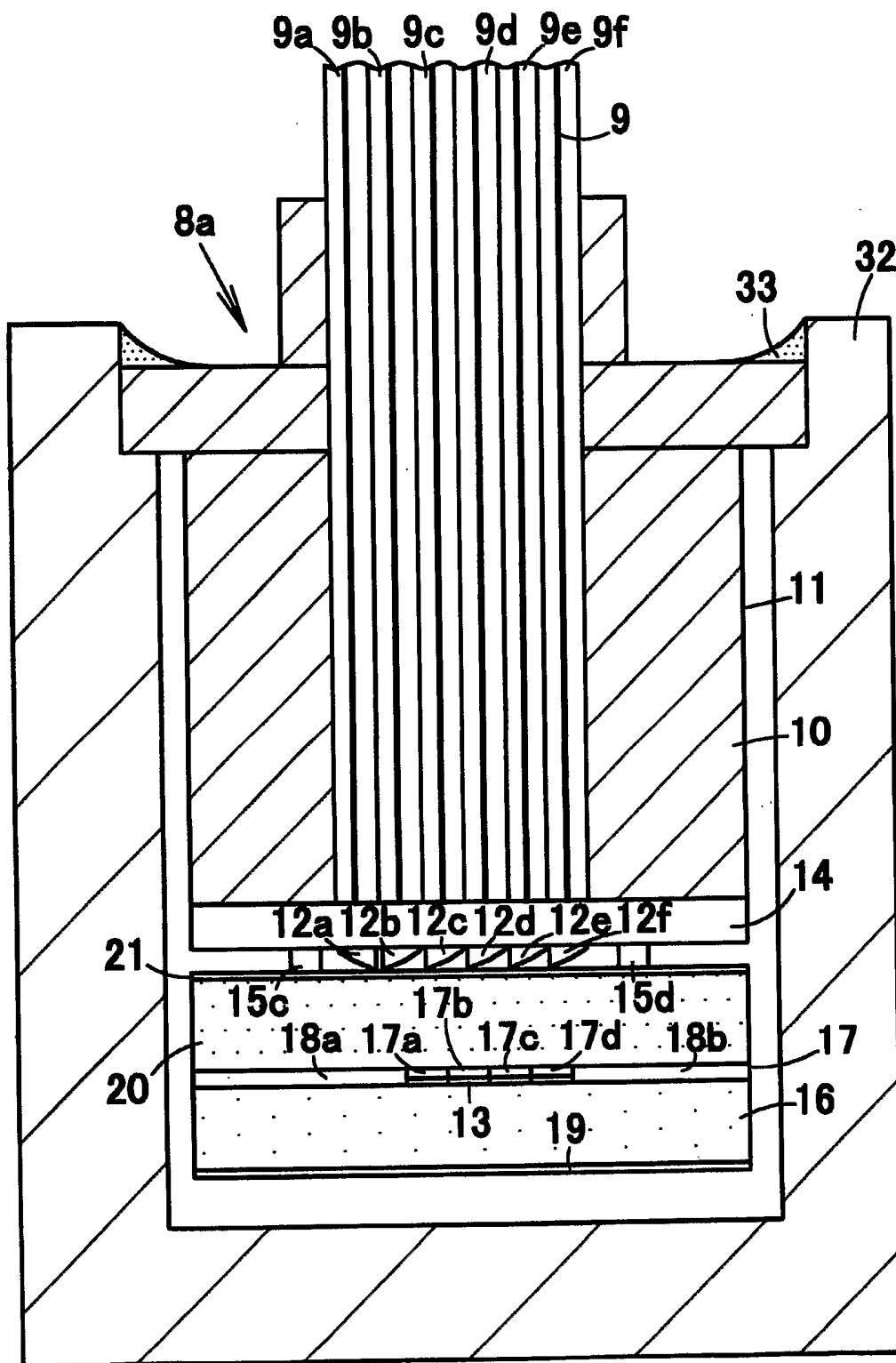
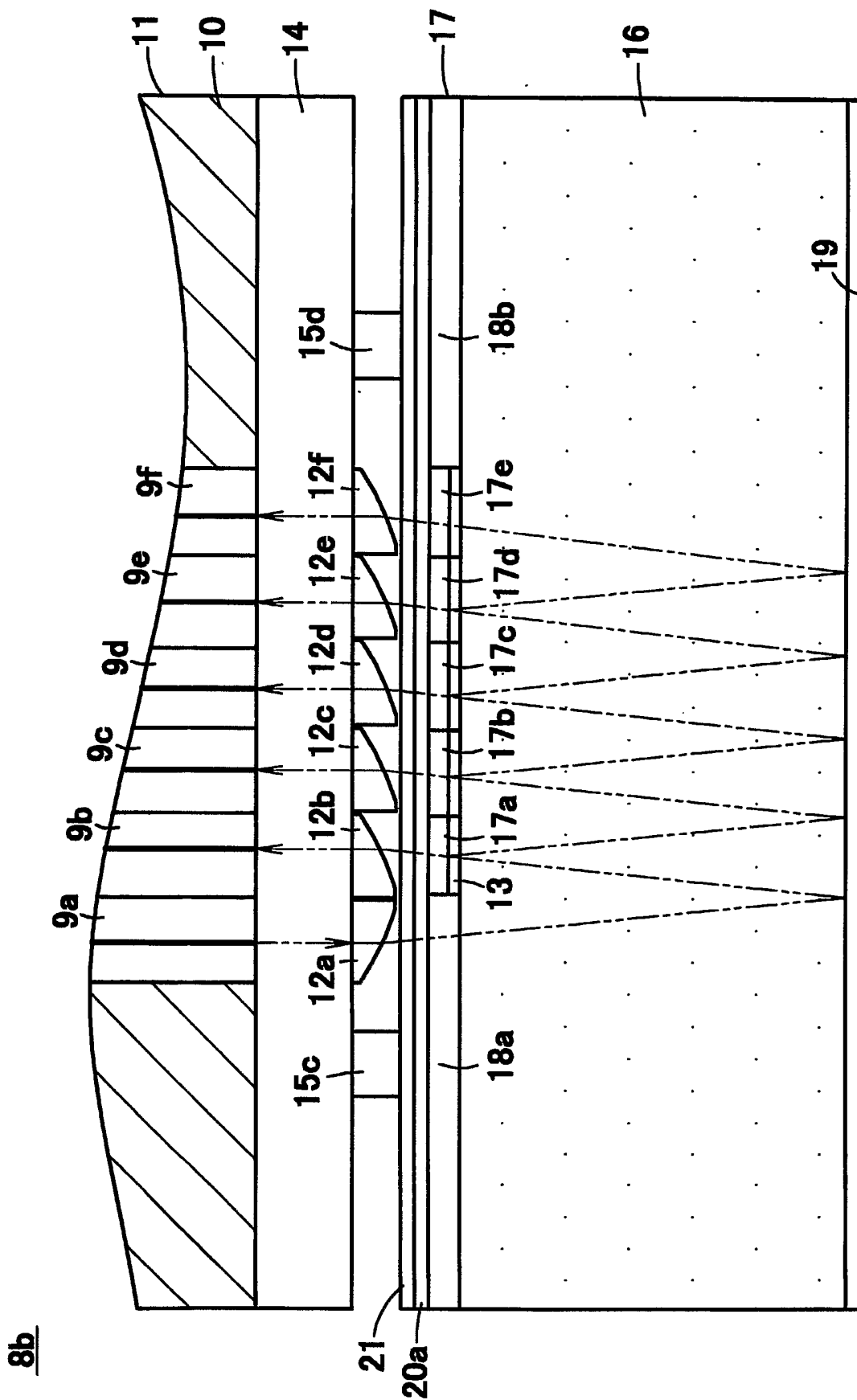


Fig. 16



8b

Fig. 17

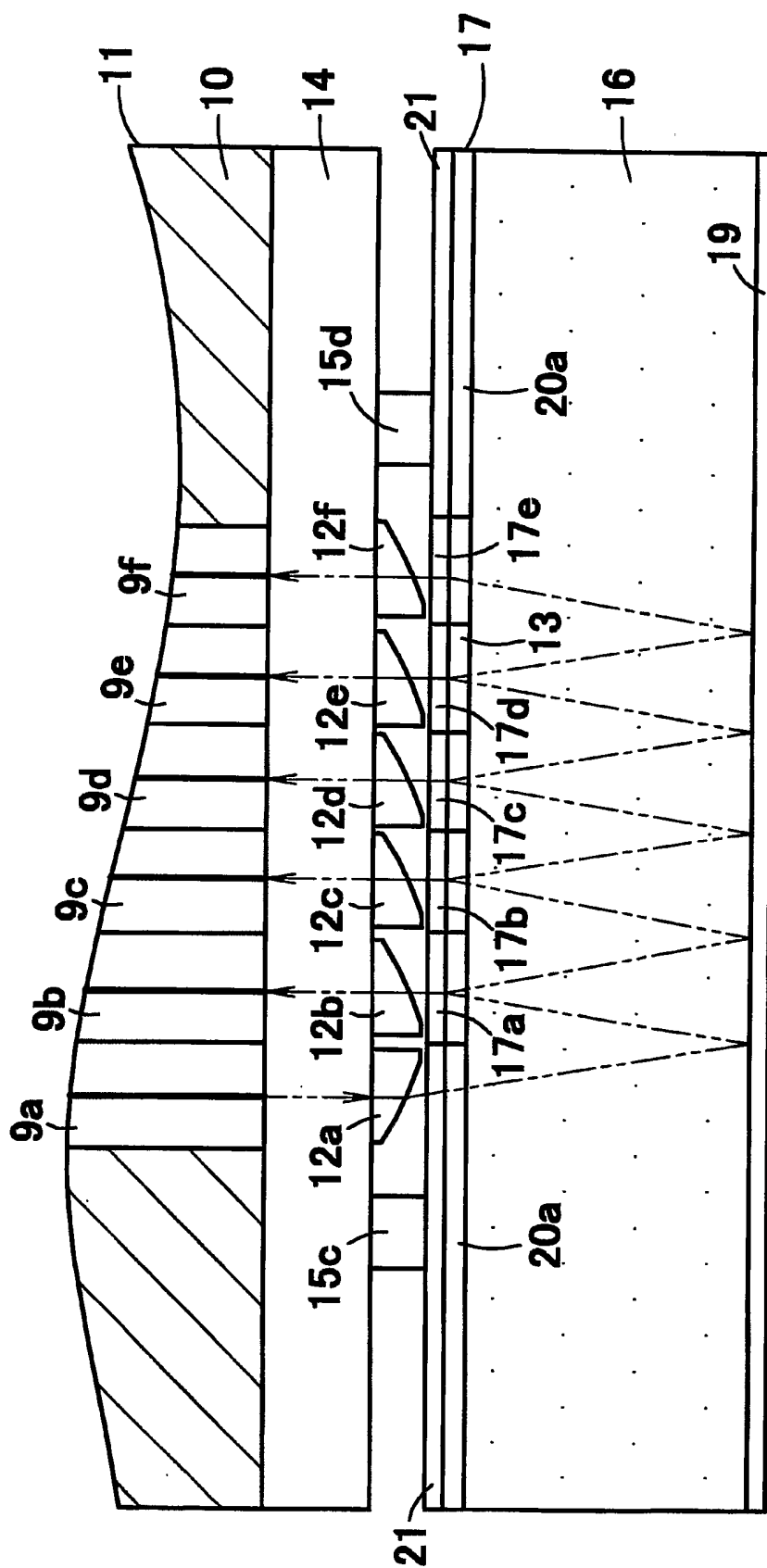


Fig. 18

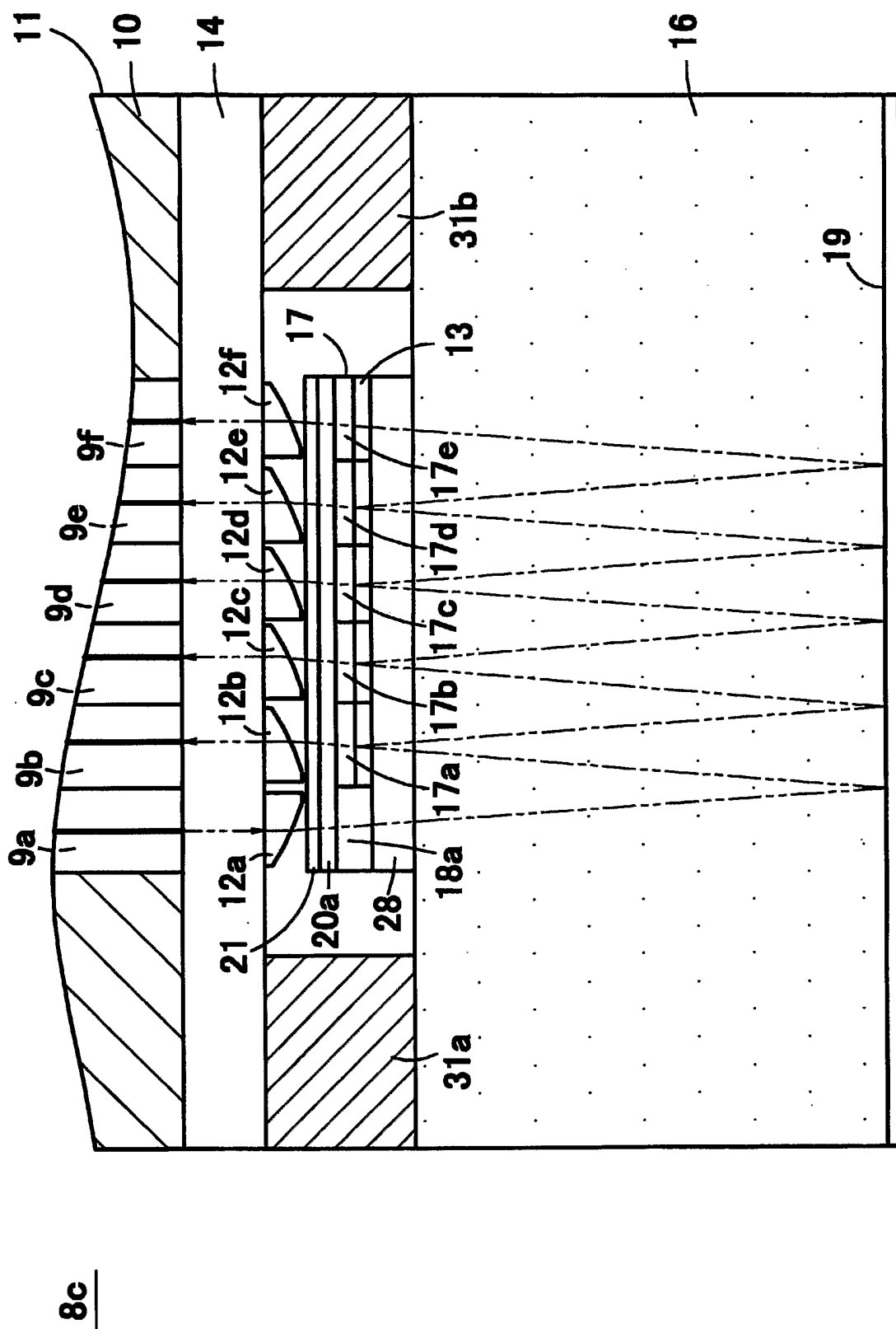


Fig. 19

8d

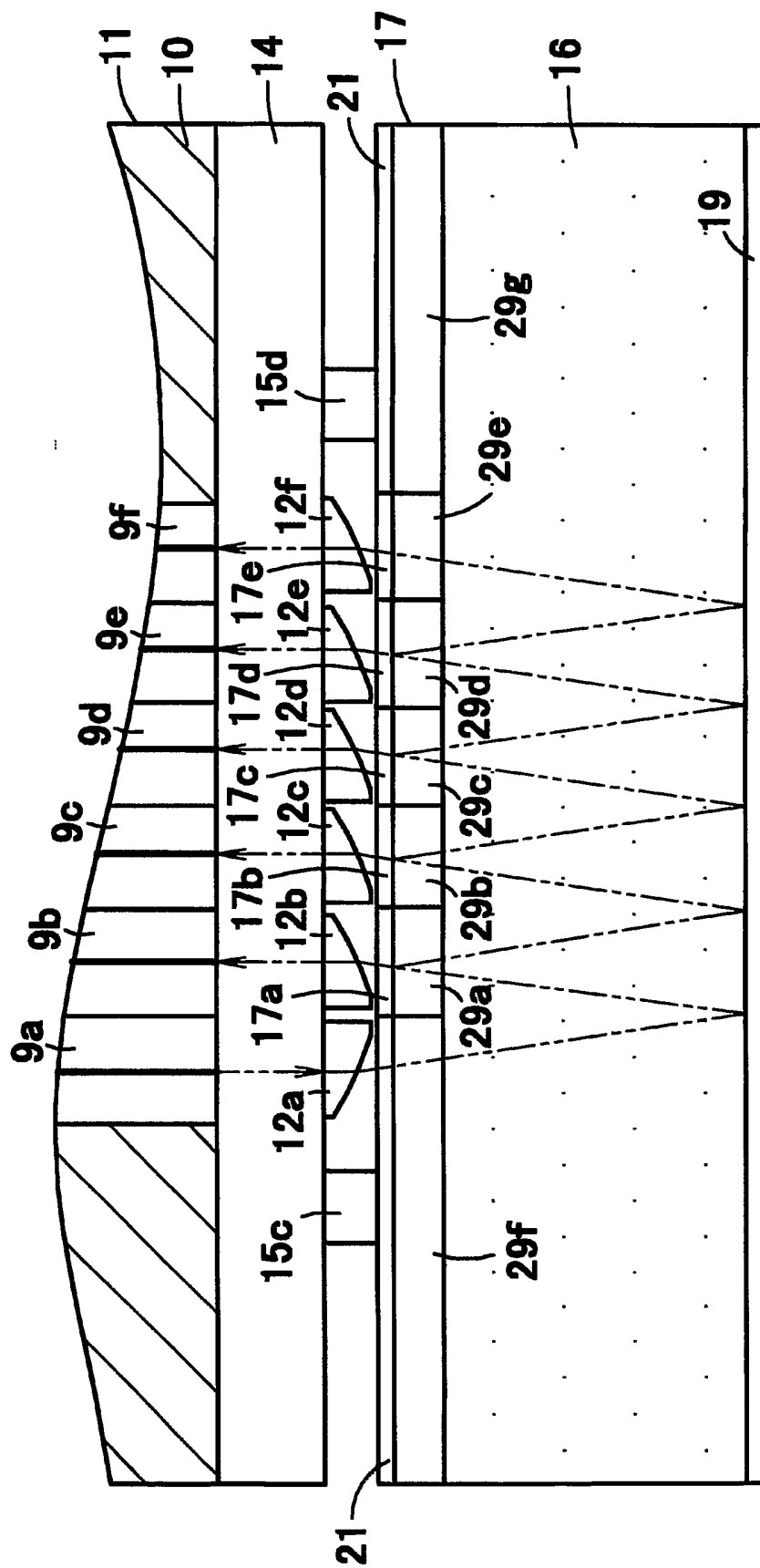


Fig. 20

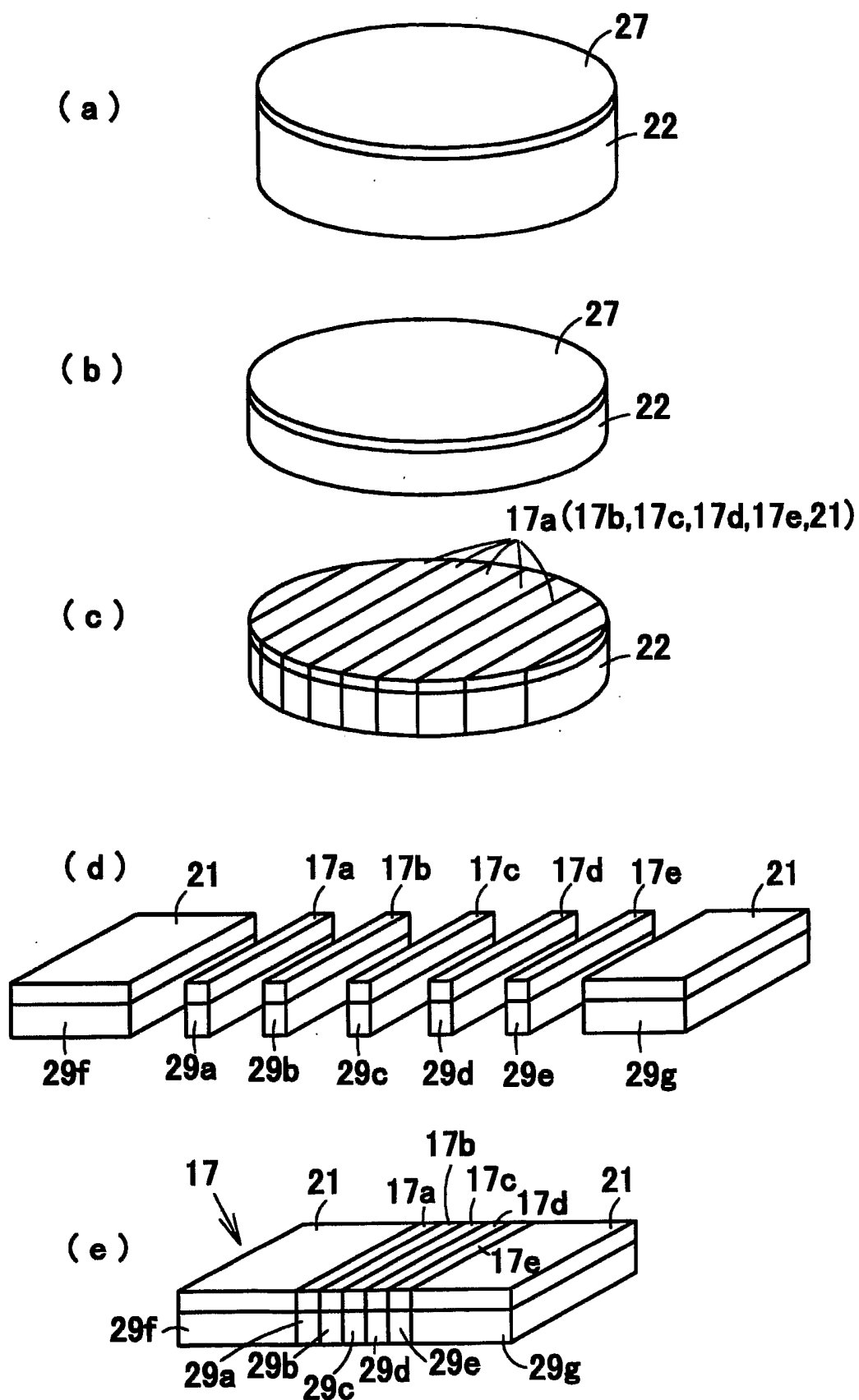


Fig. 21

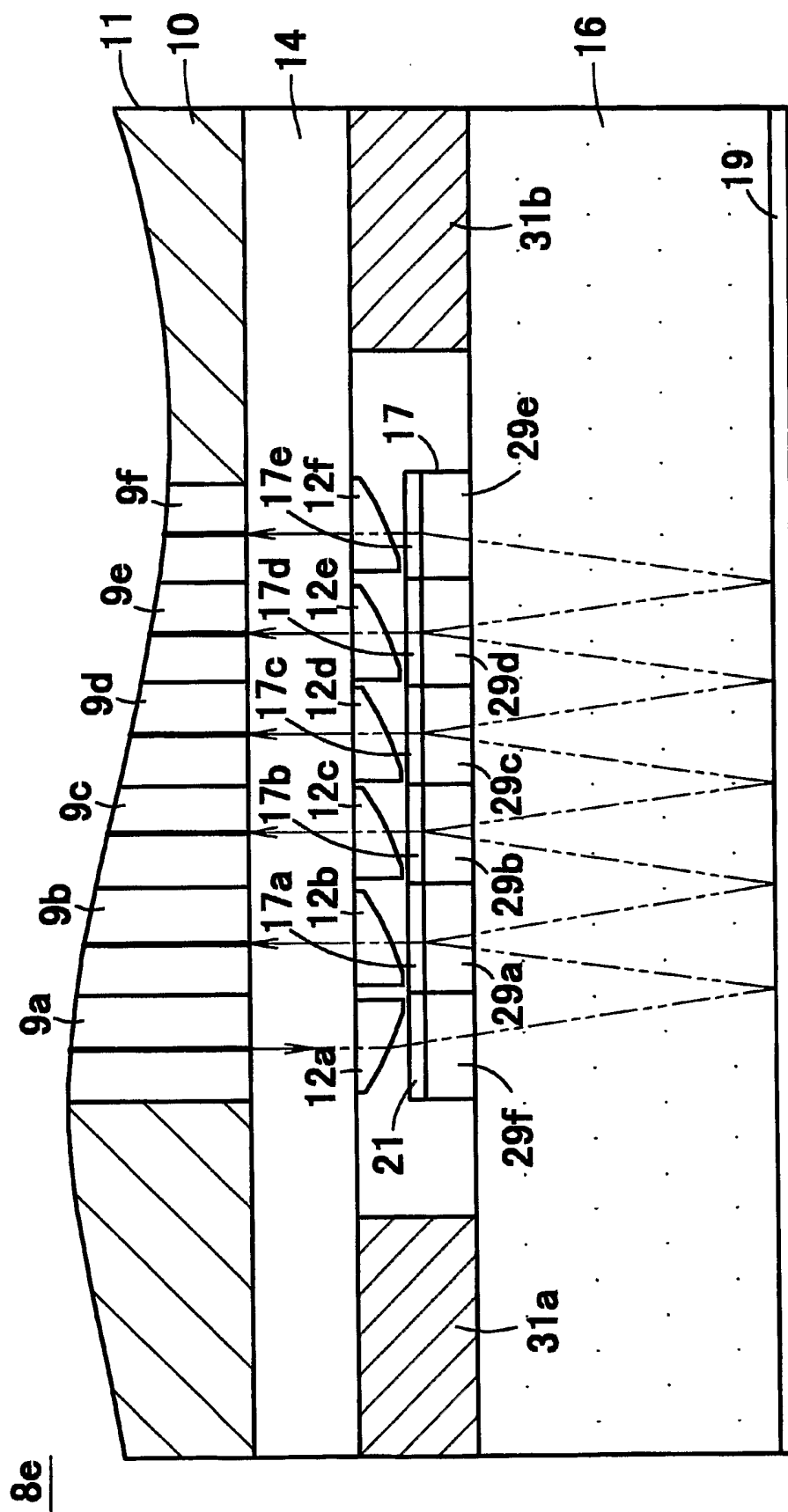


Fig. 22

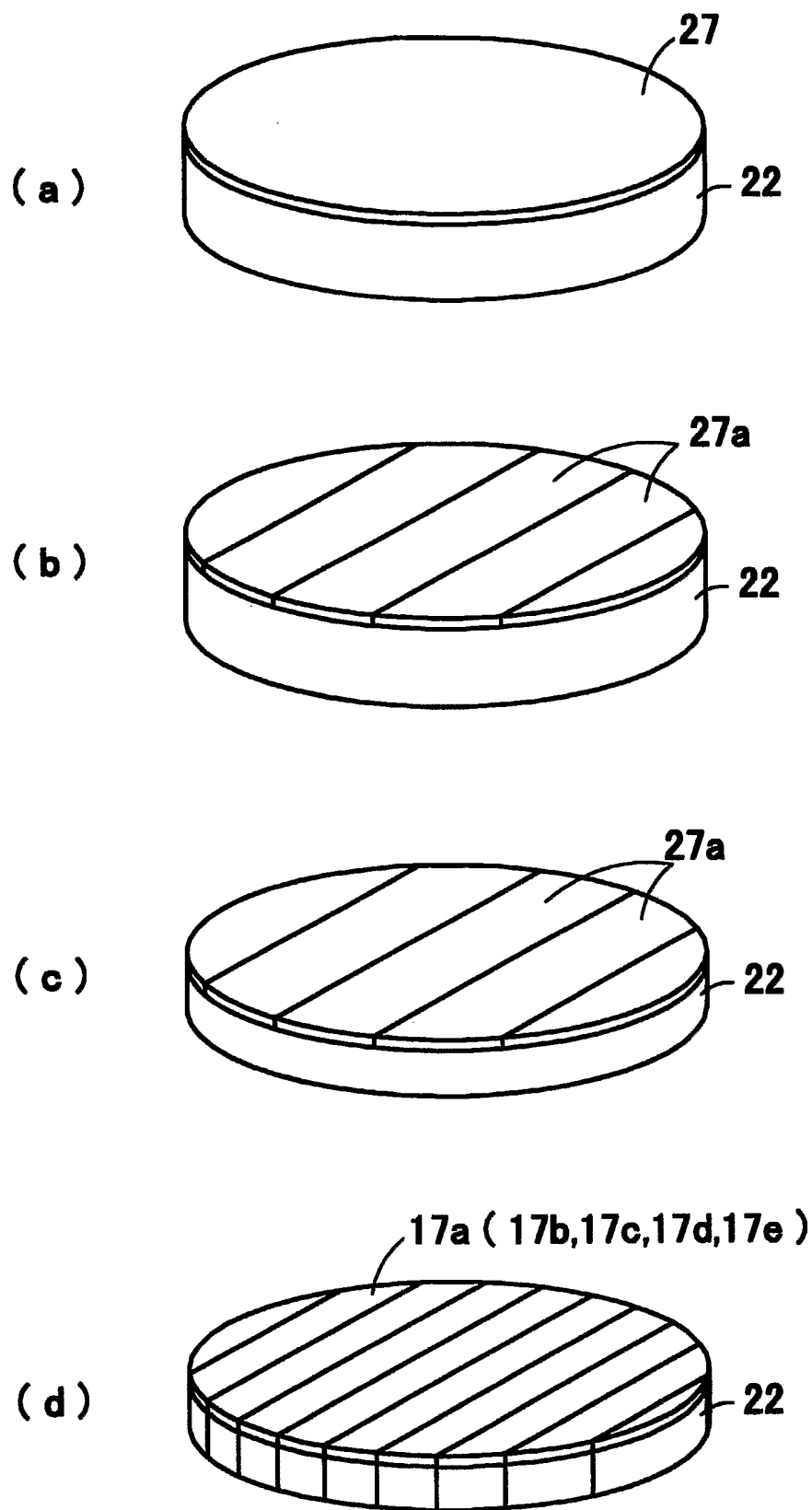


Fig. 24

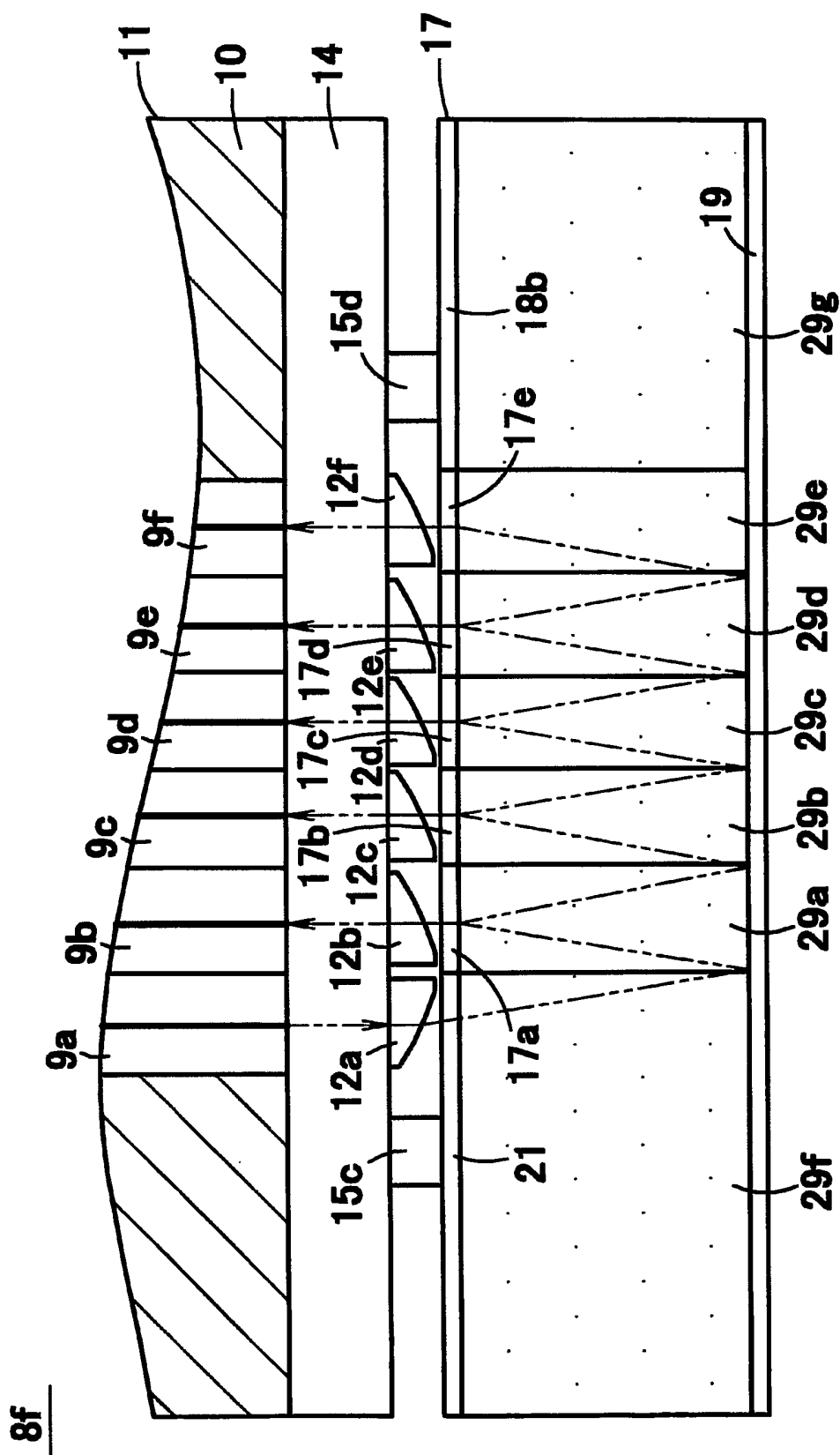


Fig. 25

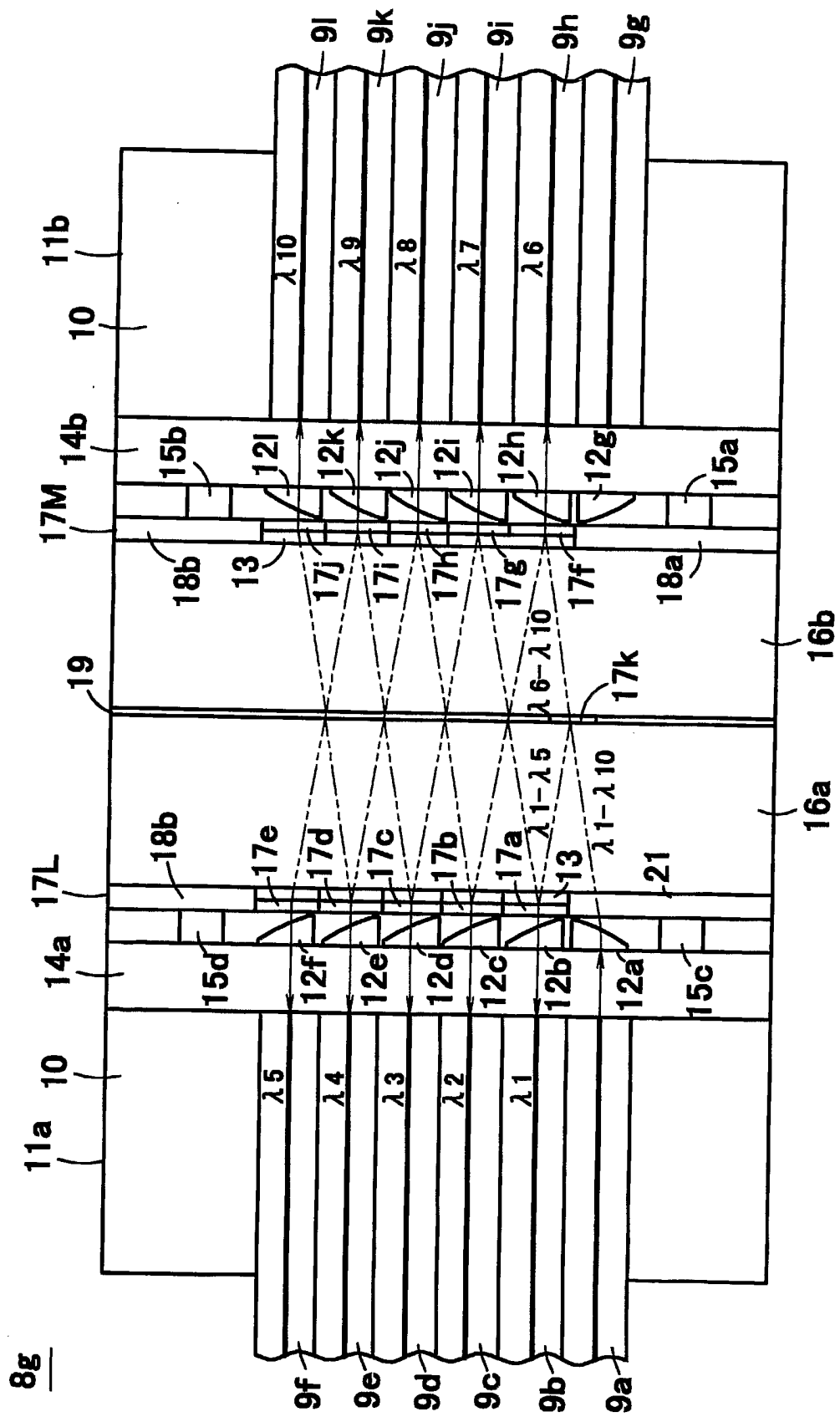


Fig. 26

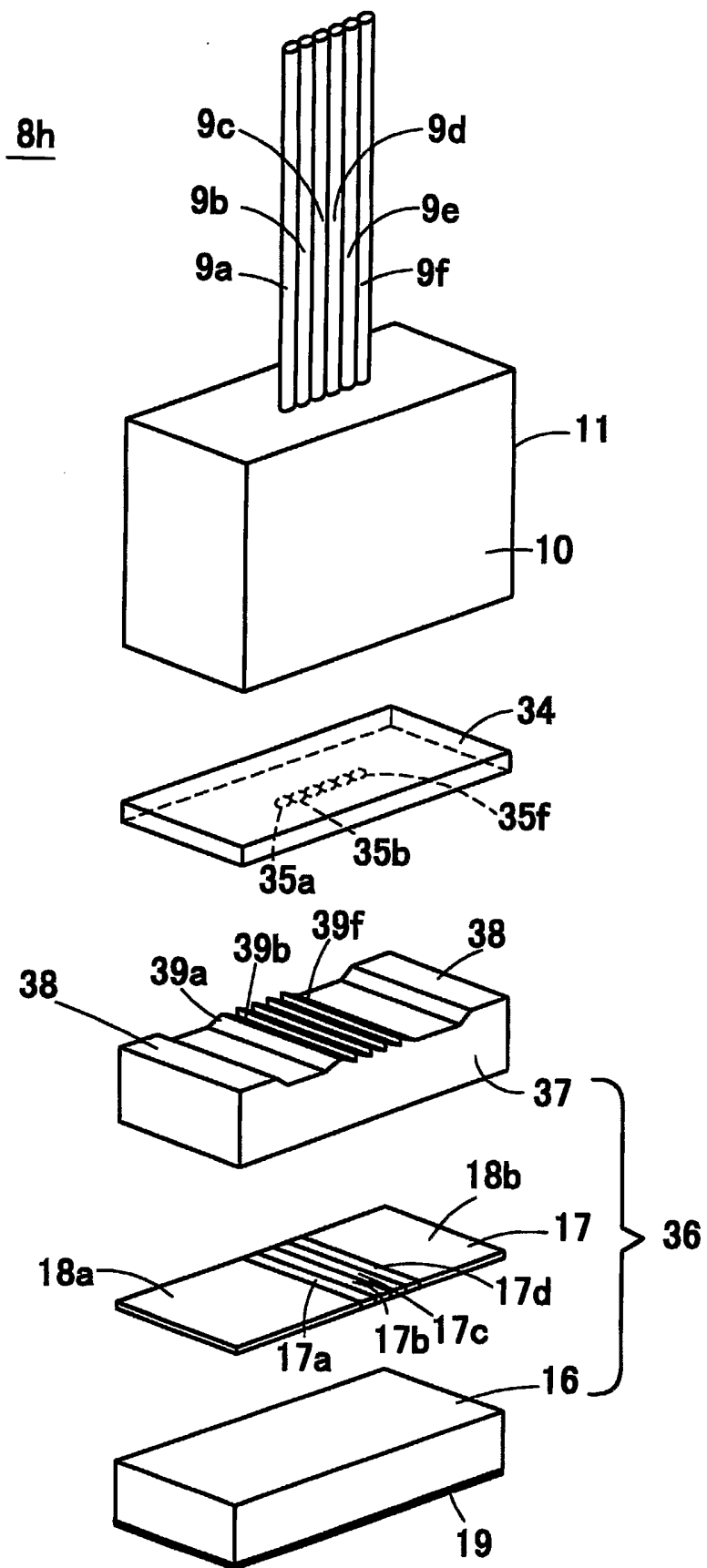


Fig. 27

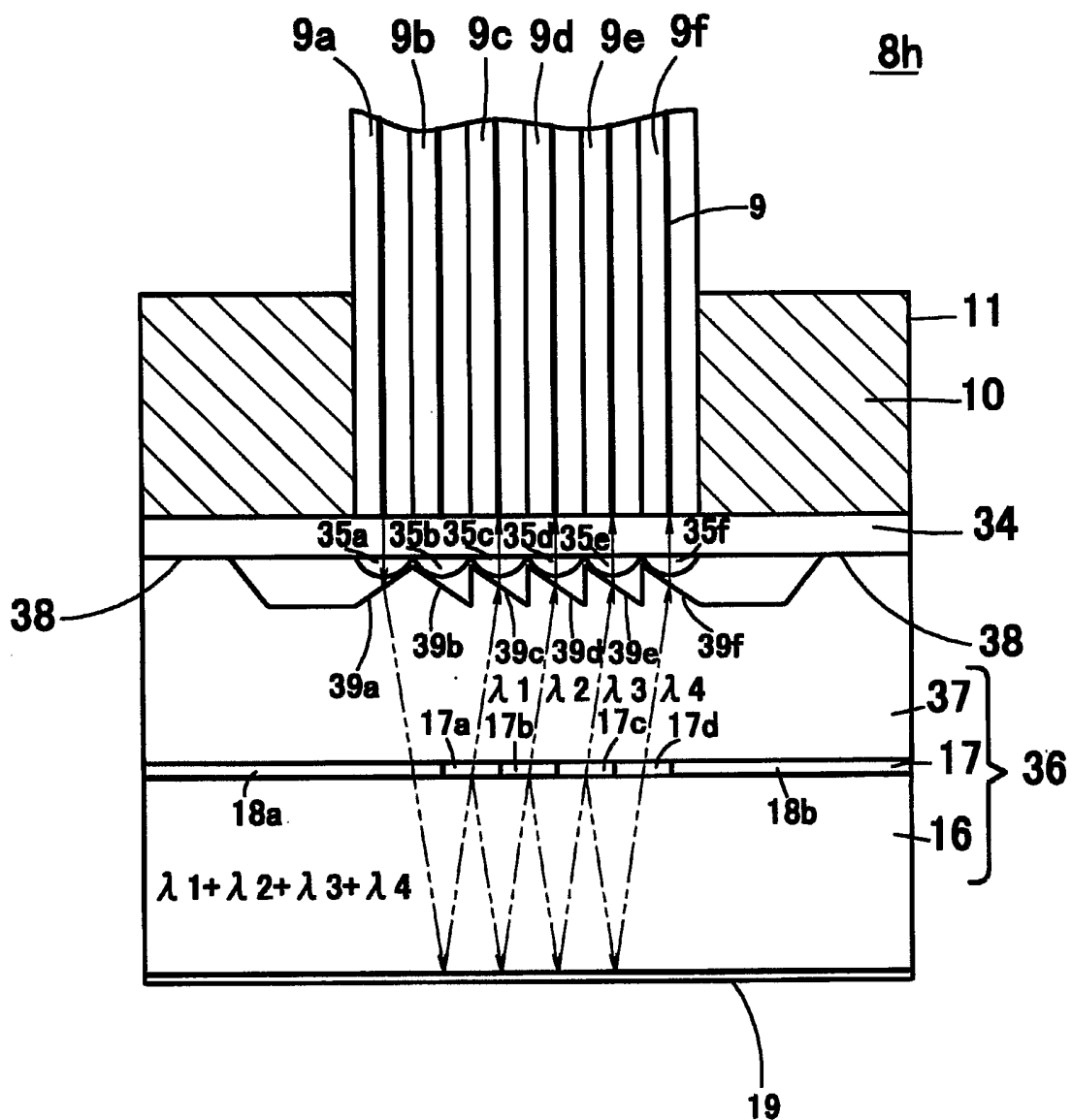


Fig. 28

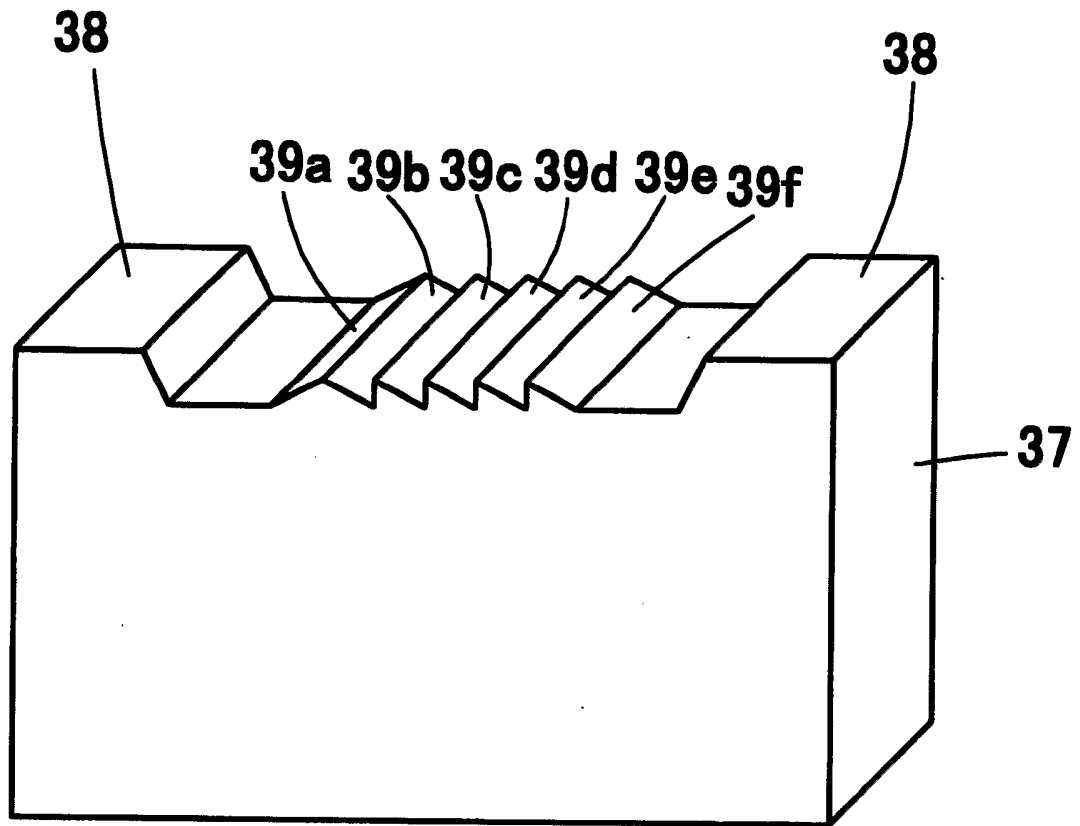


Fig. 29

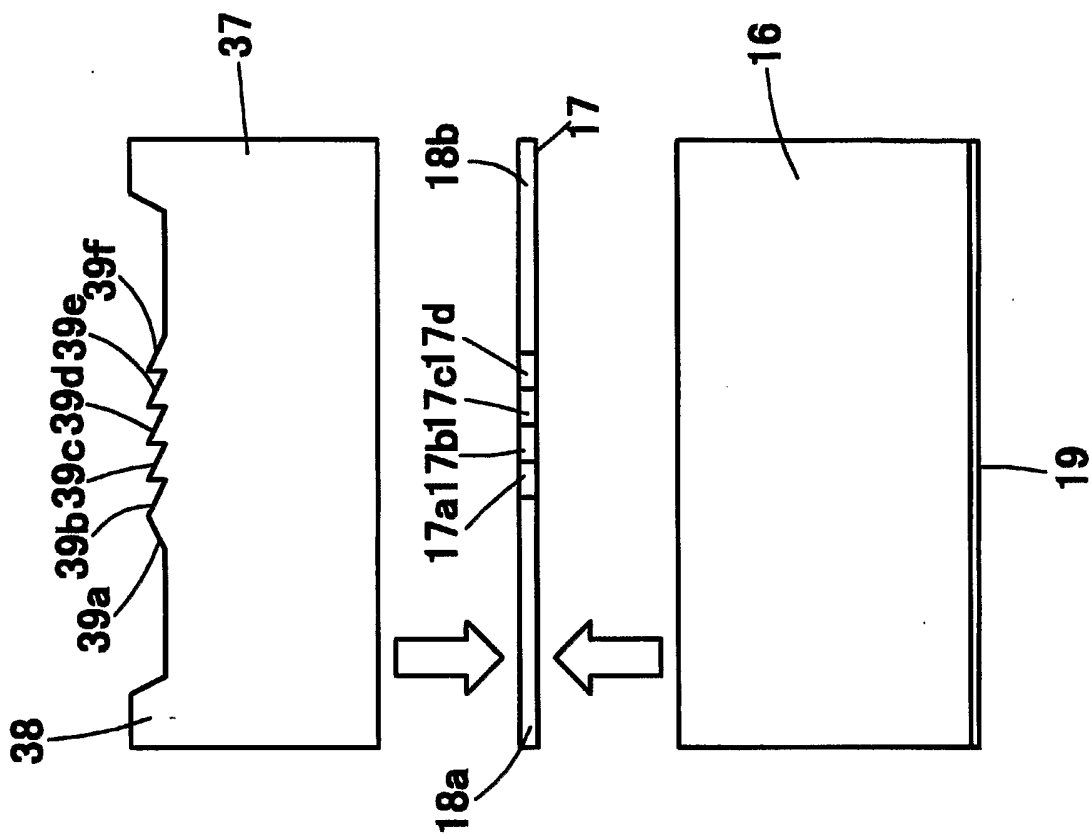


Fig. 30

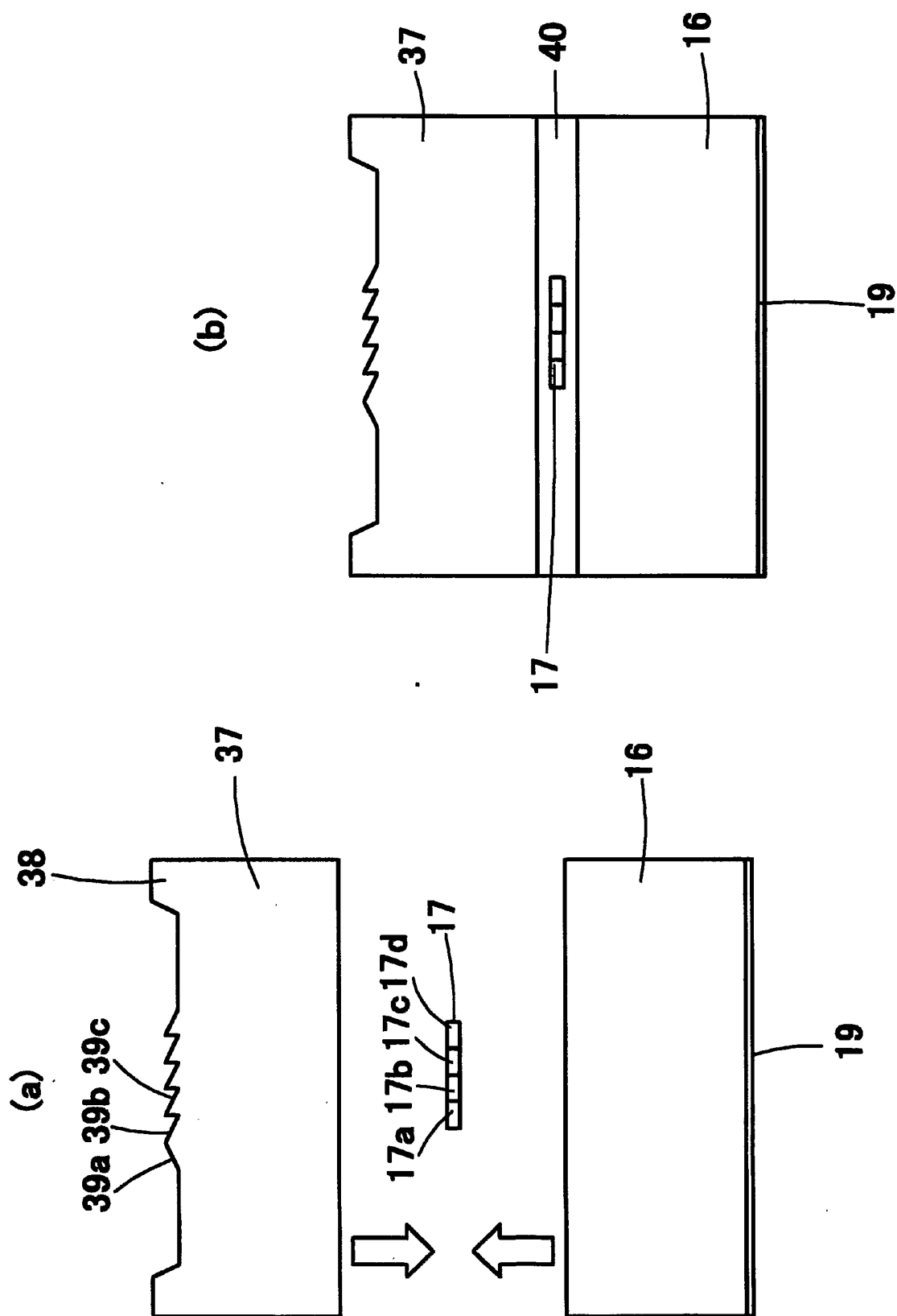


Fig. 31

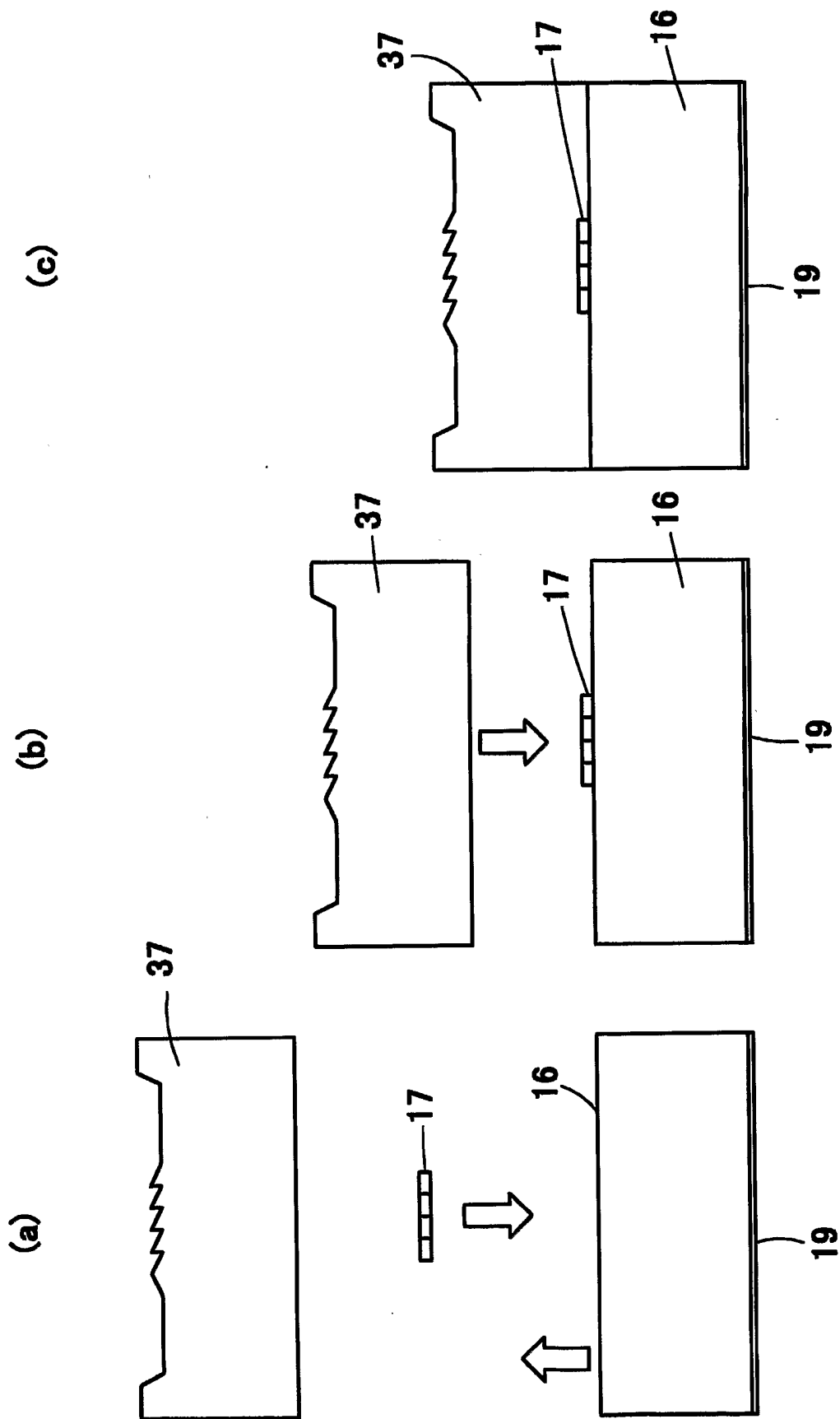


Fig. 32

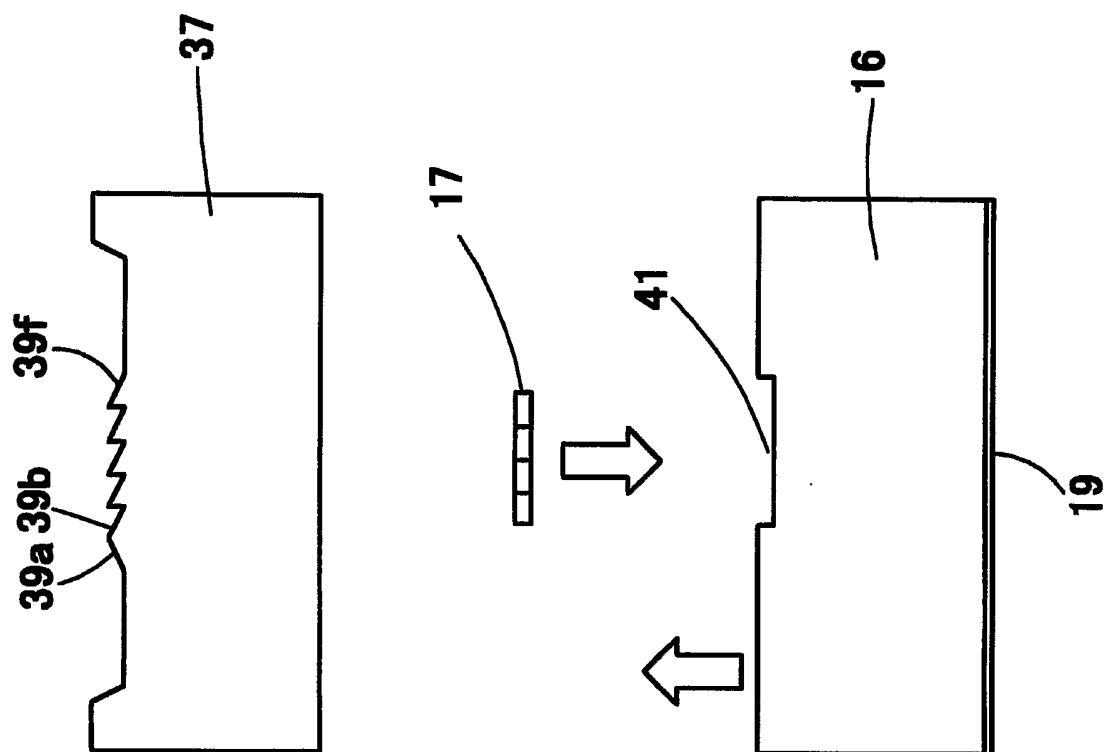


Fig. 33

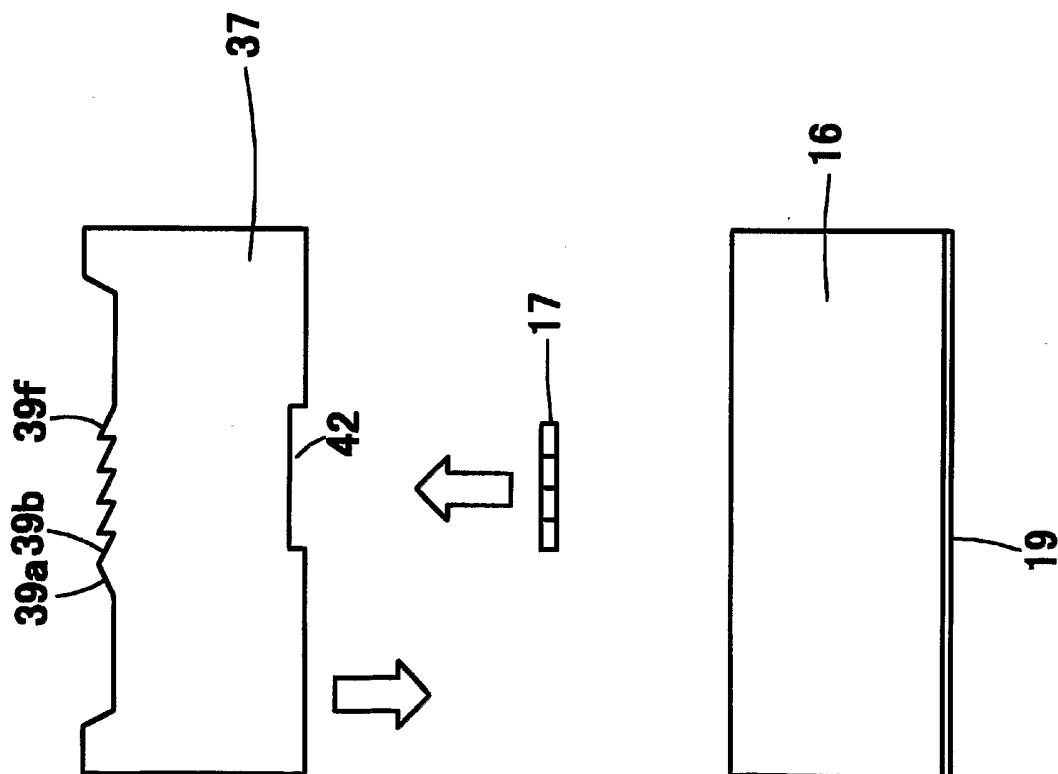


Fig. 34

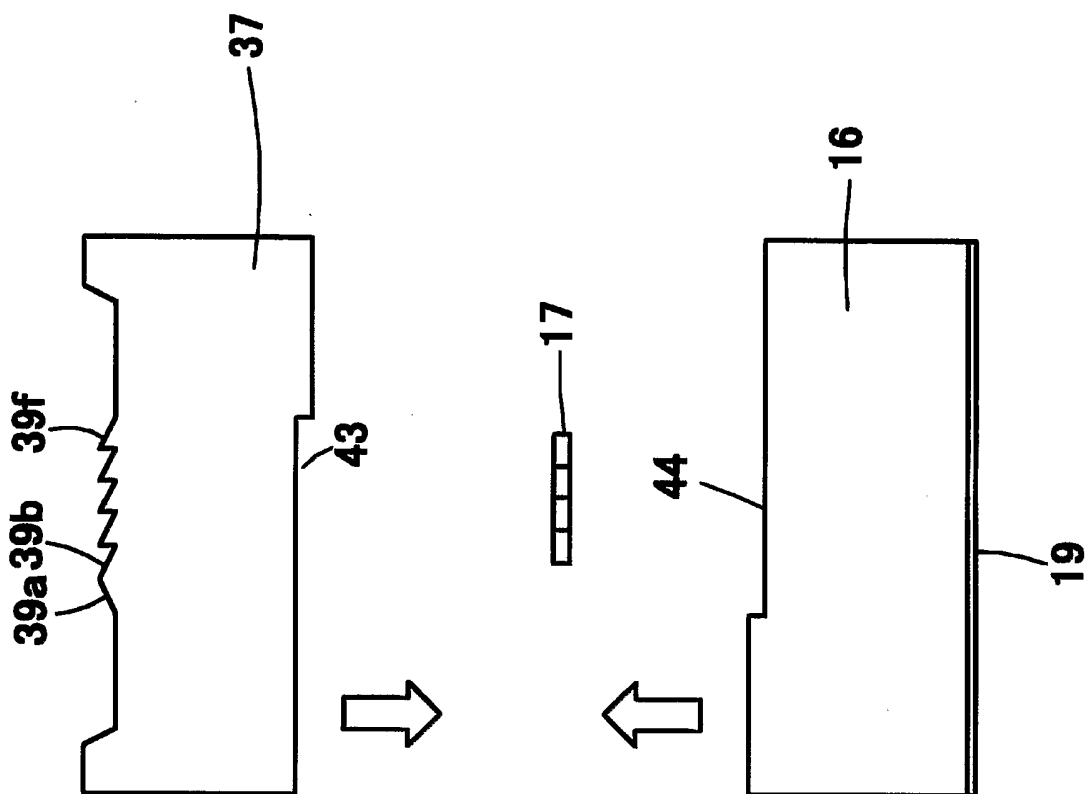


Fig. 35

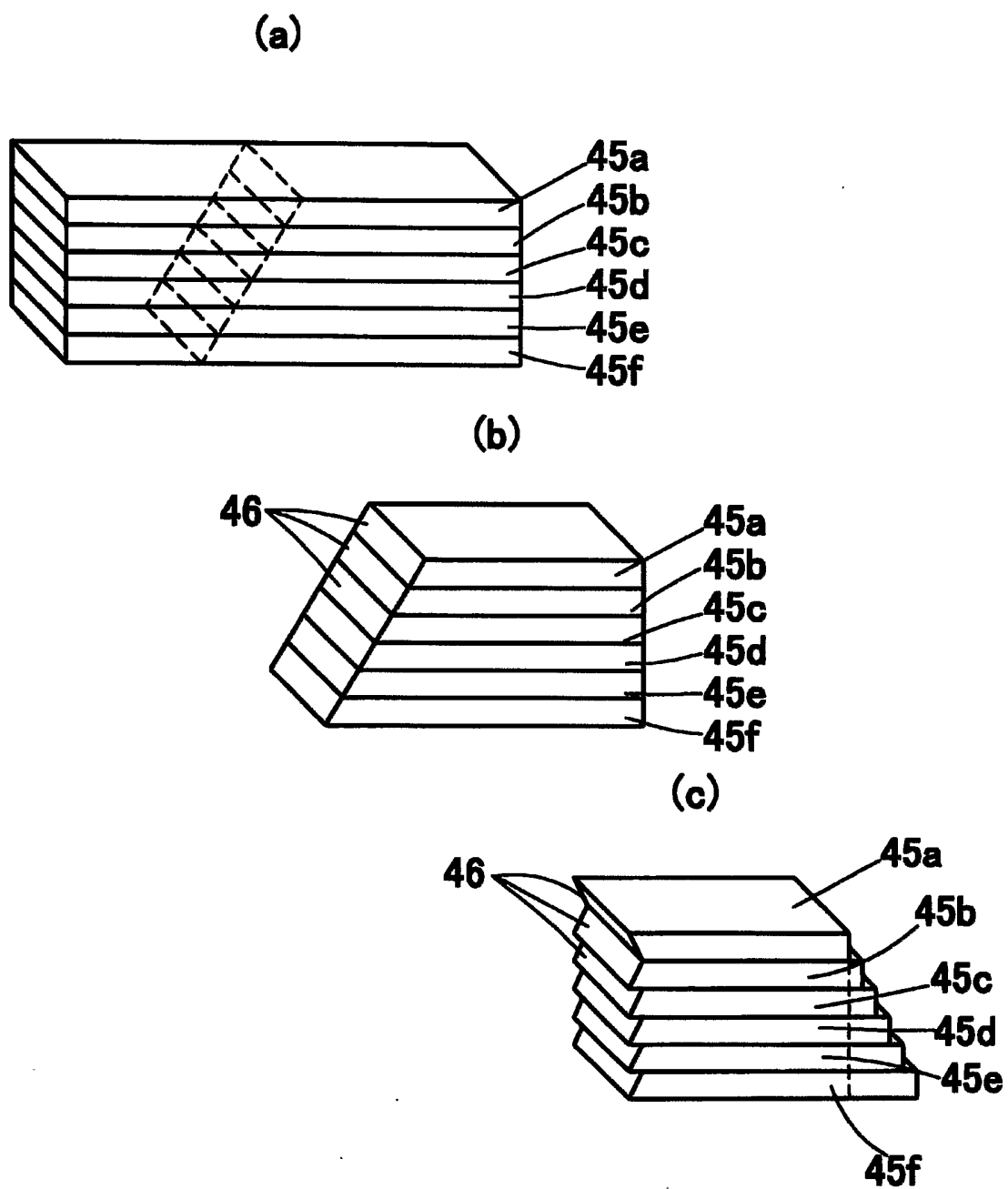


Fig. 36

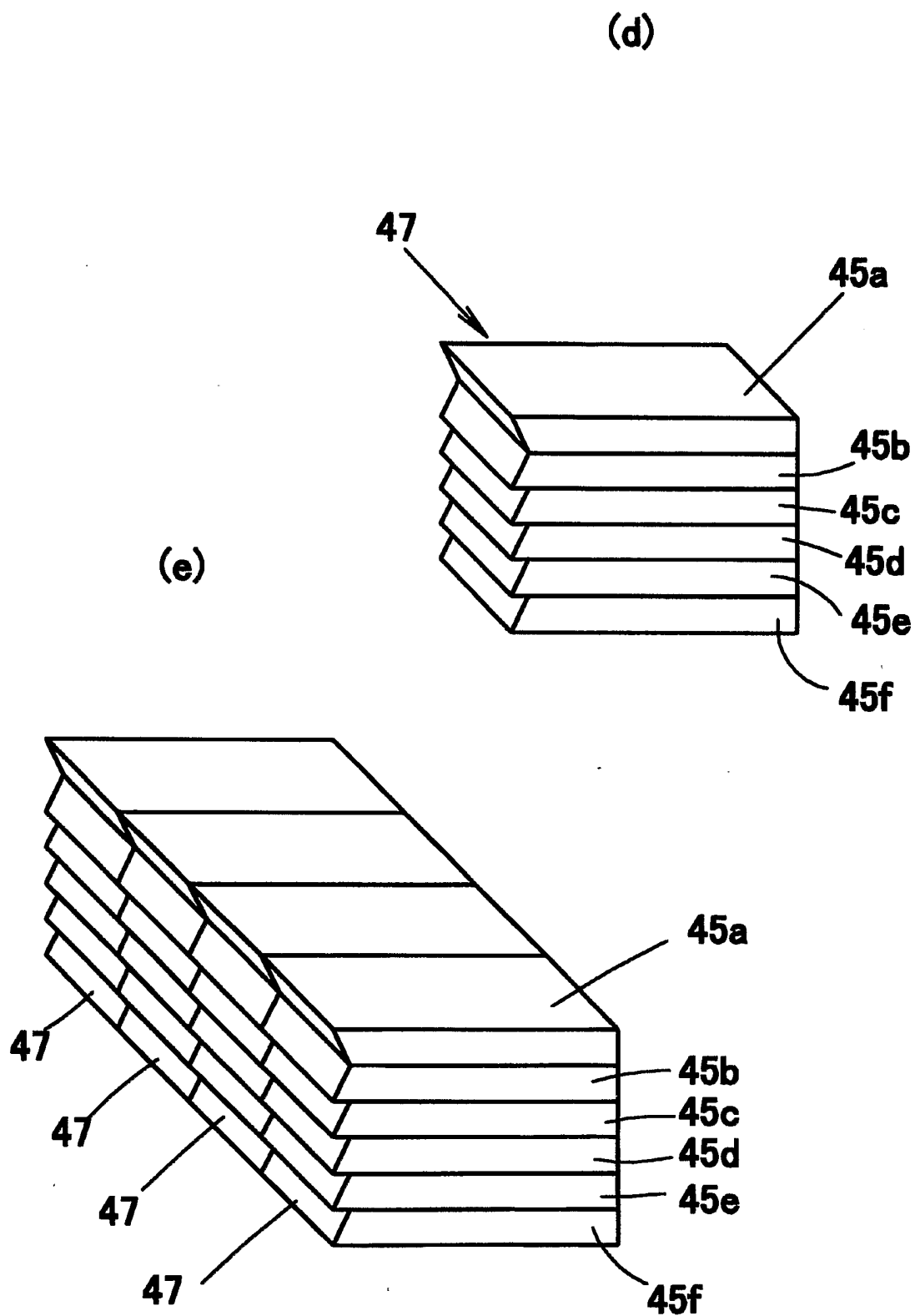


Fig. 37

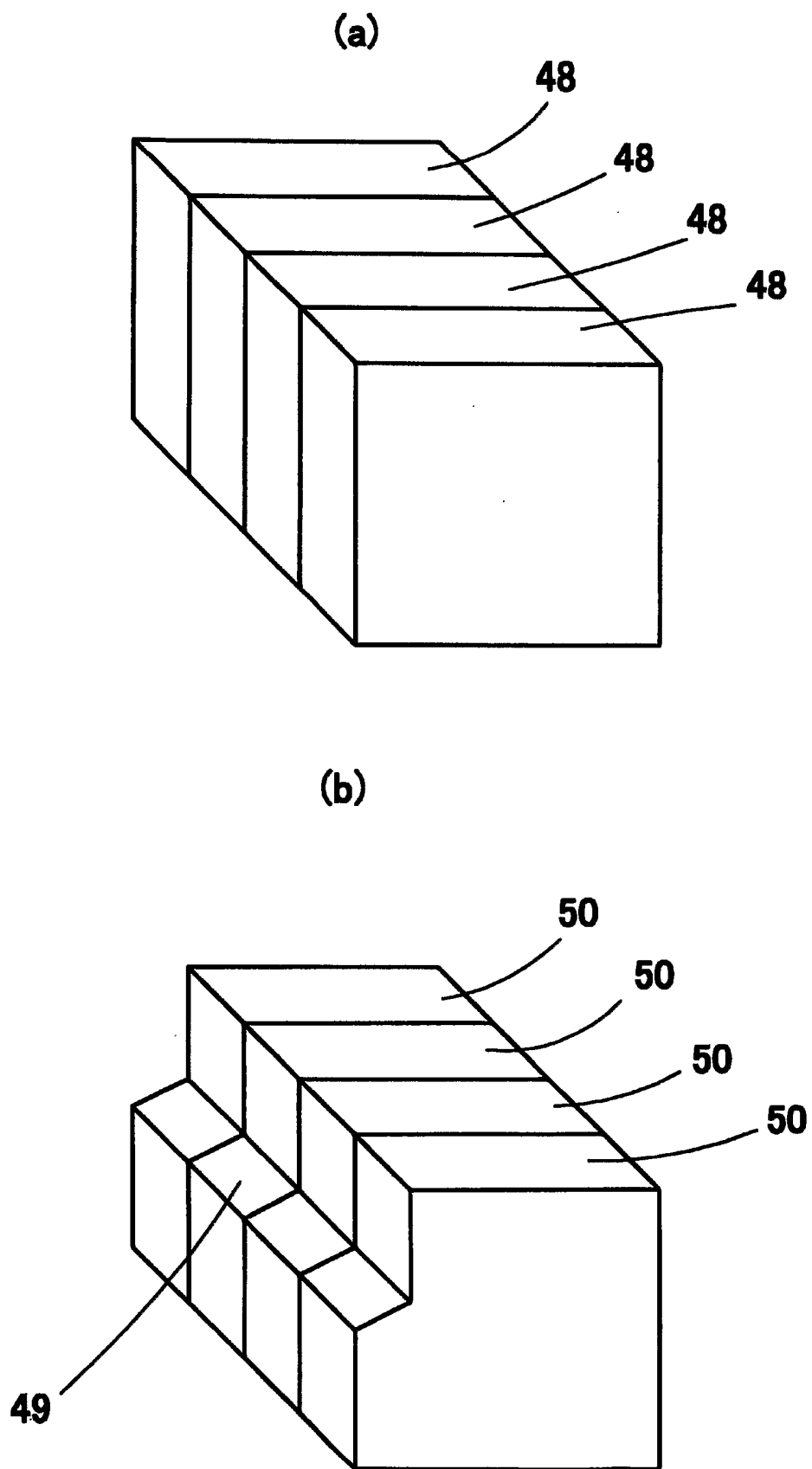


Fig. 38

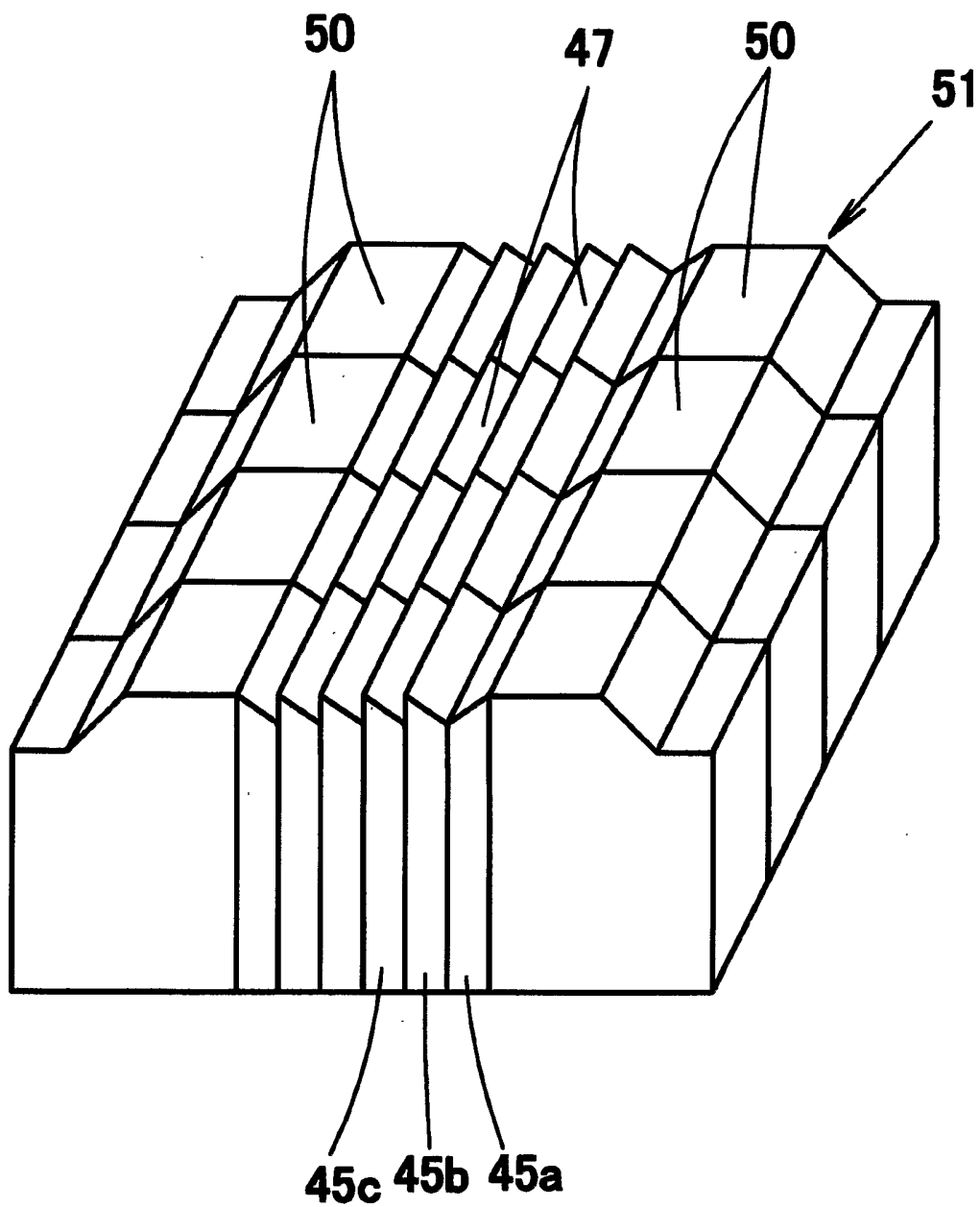


Fig. 39

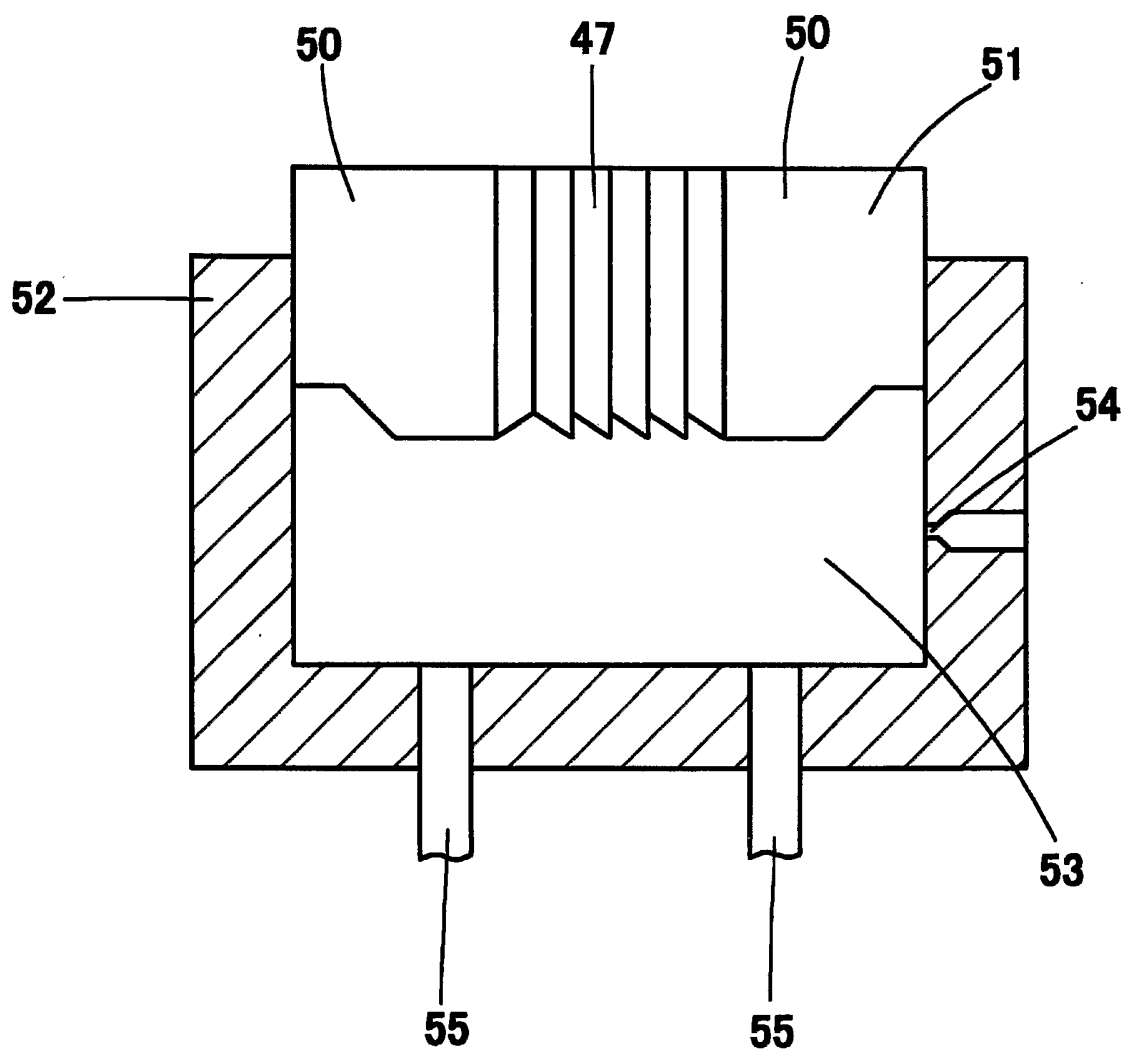


Fig. 40

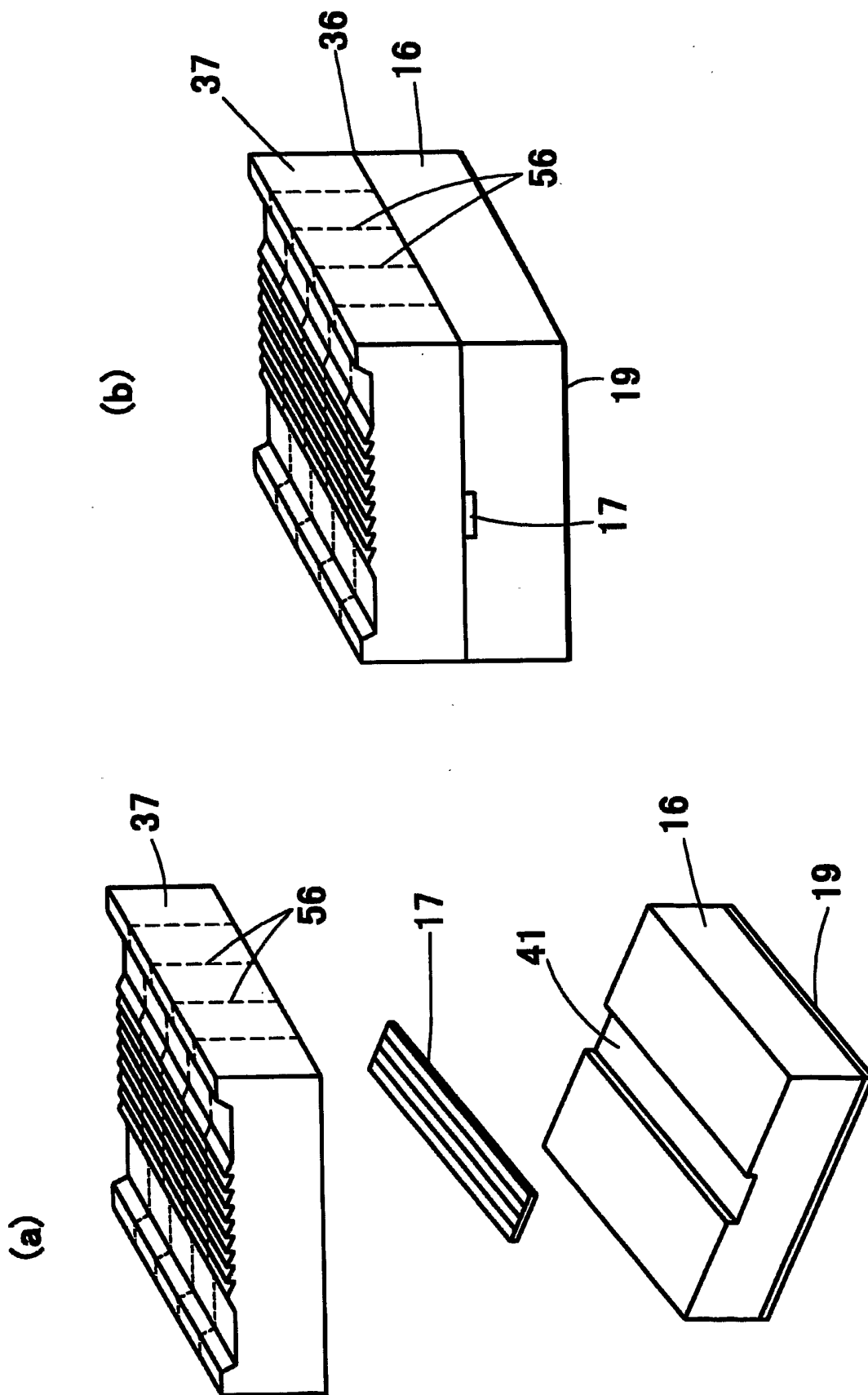


Fig. 41

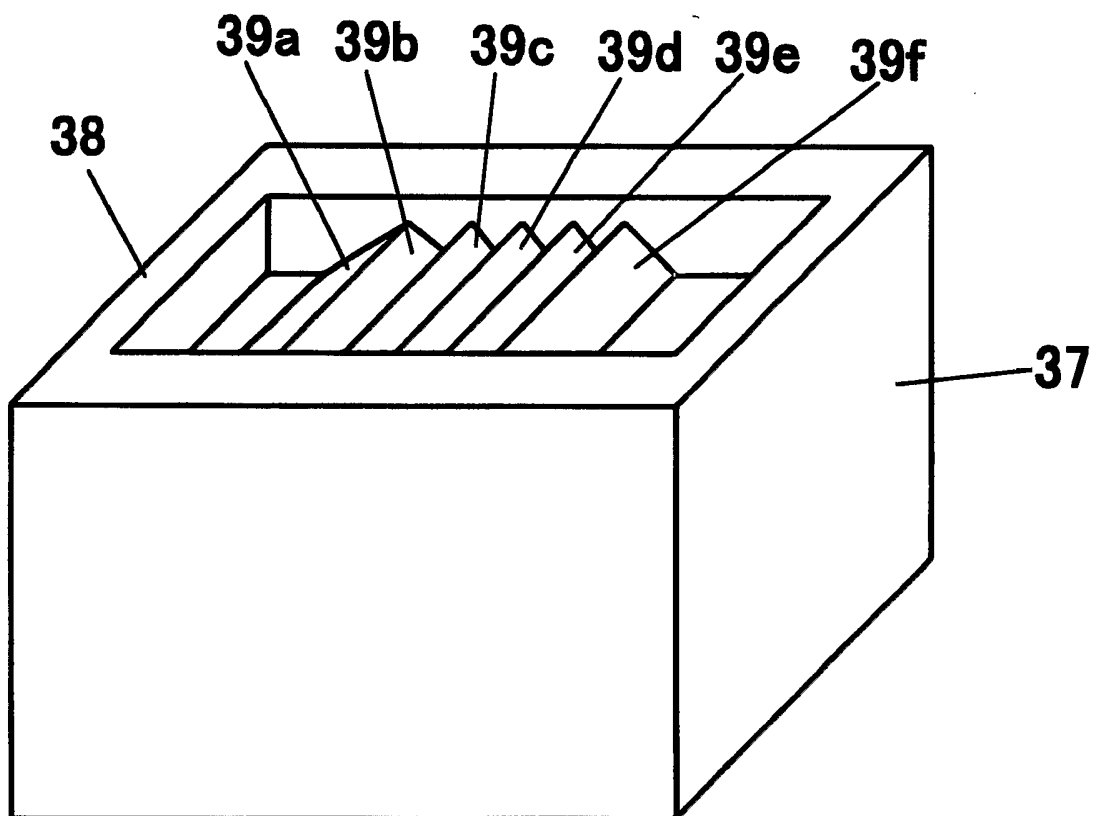


Fig. 42

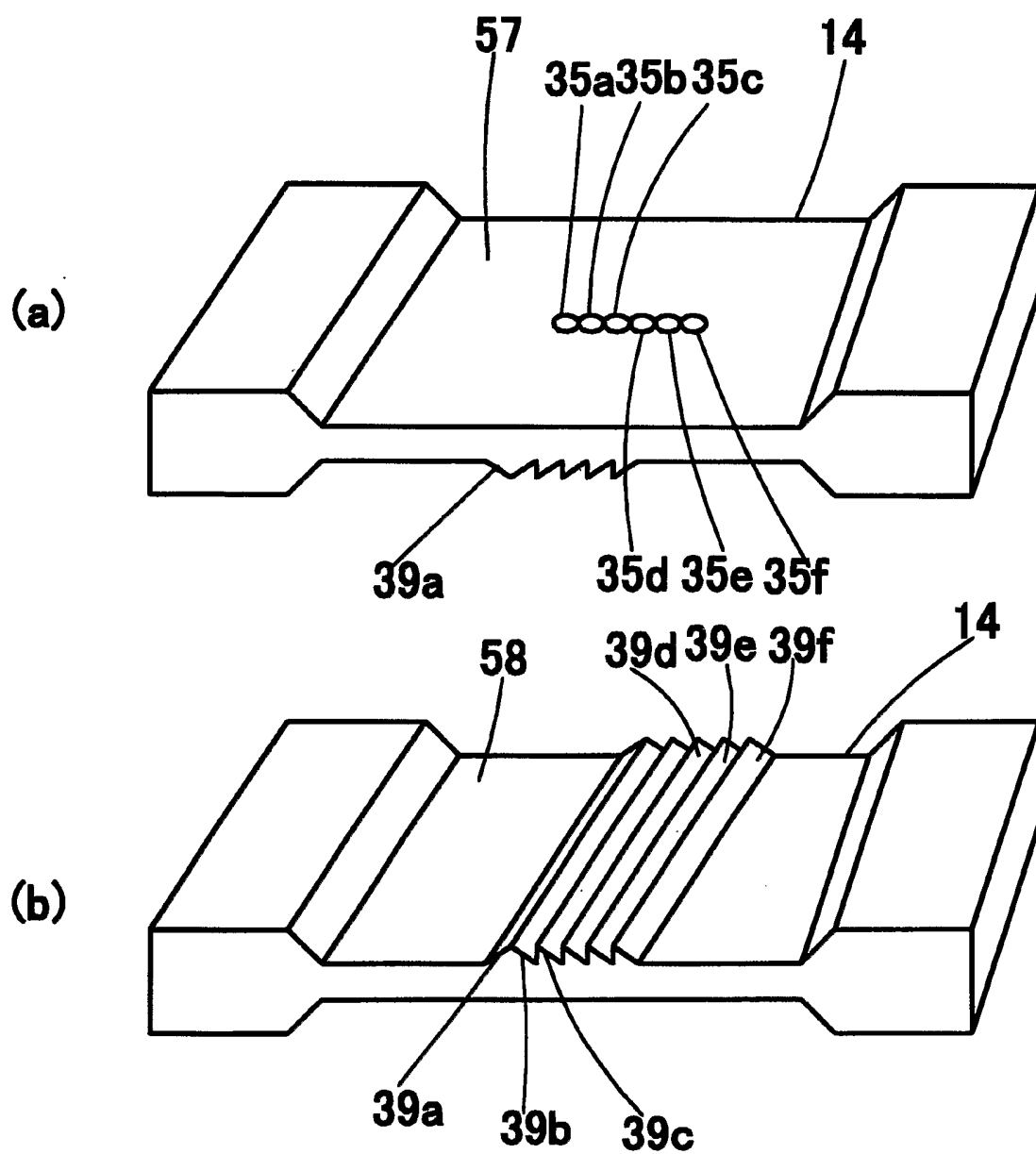


Fig. 44

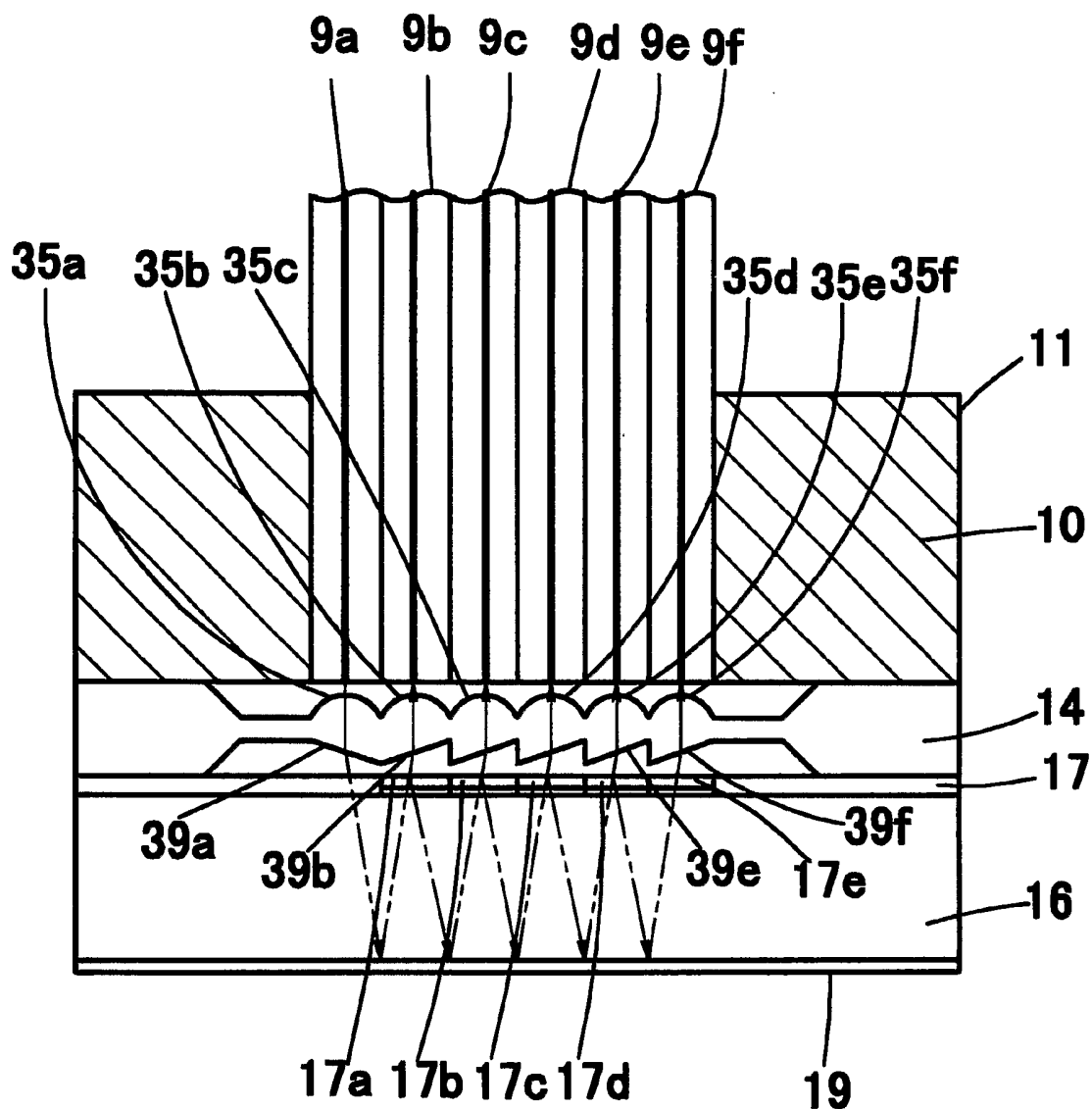


Fig. 45

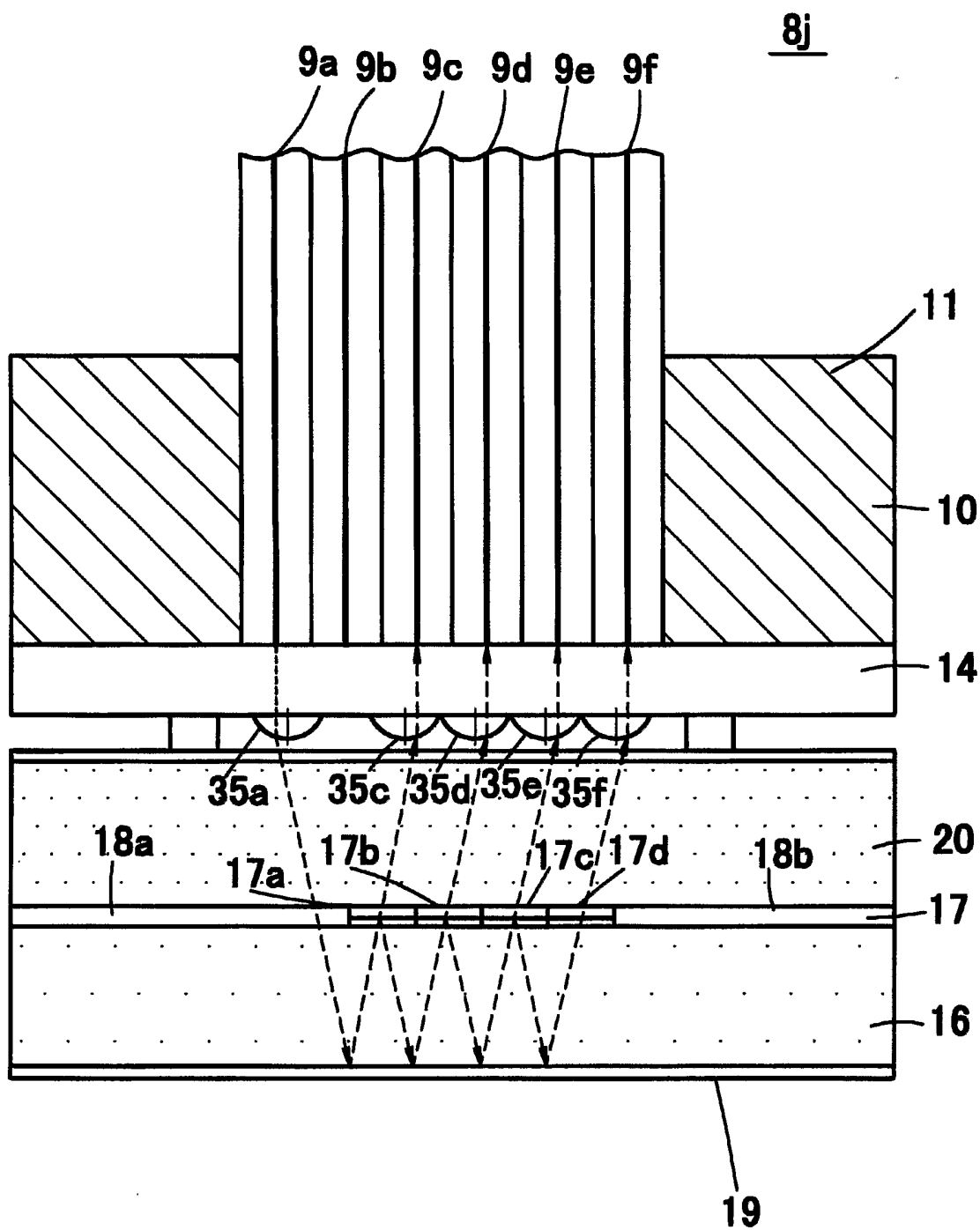


Fig. 46

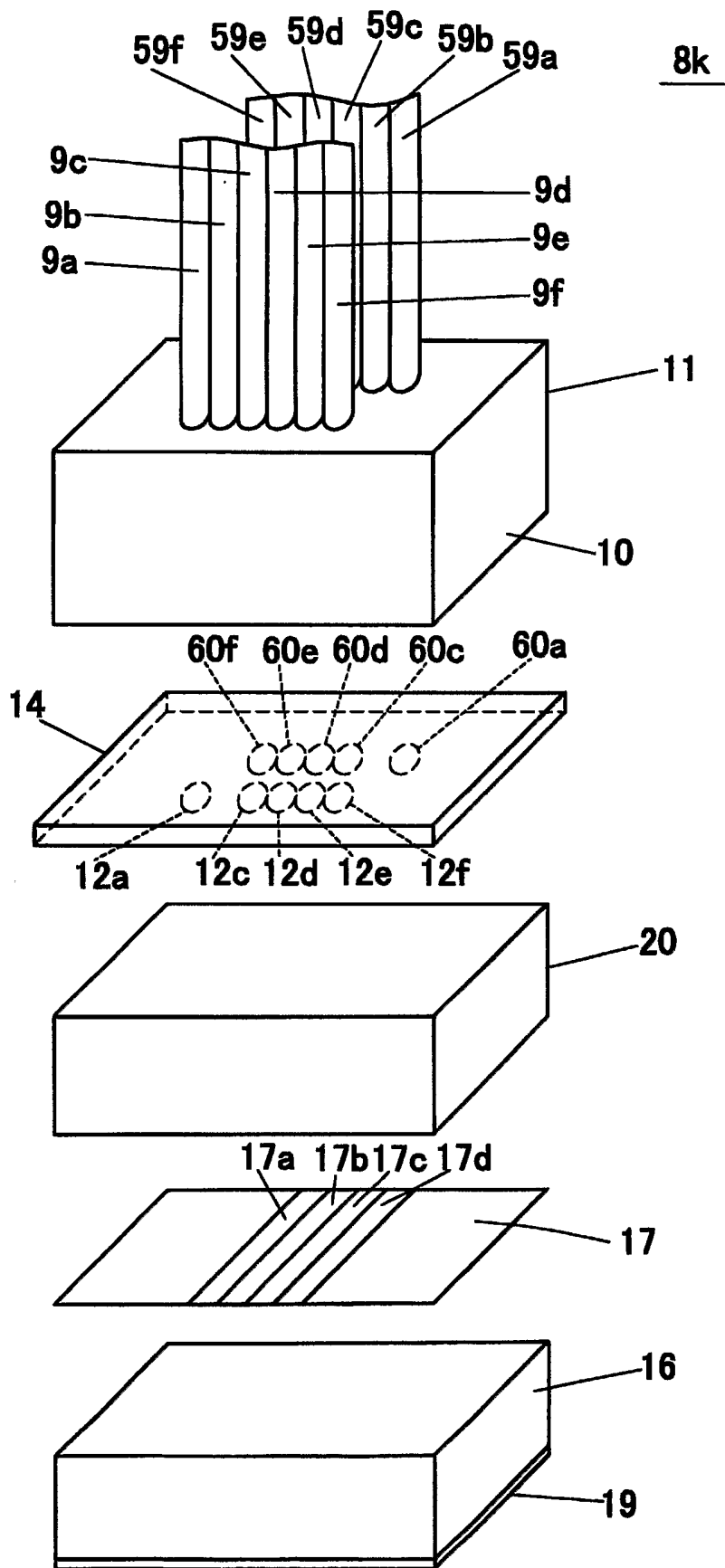


Fig. 47

8k

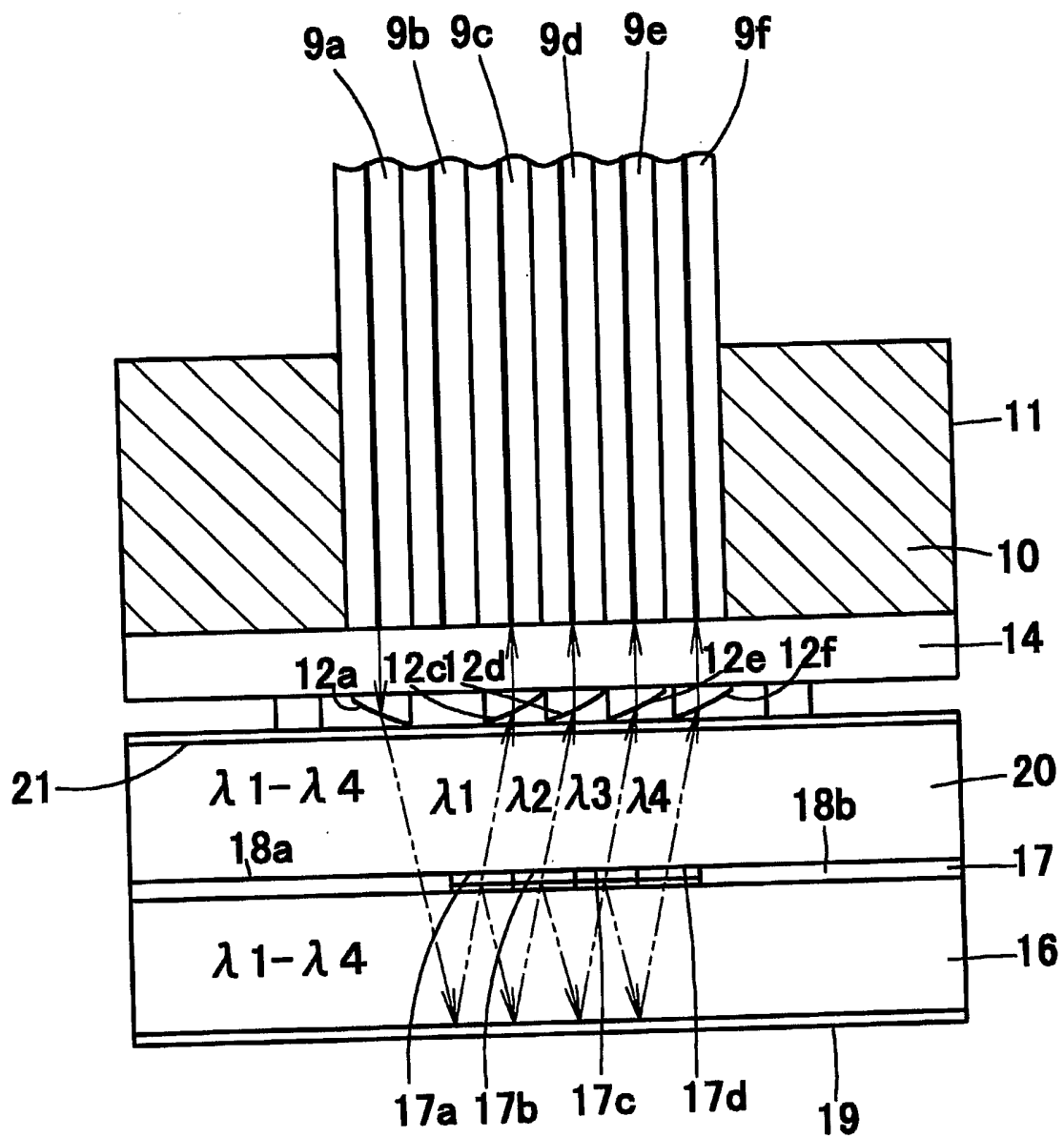


Fig. 48

8k

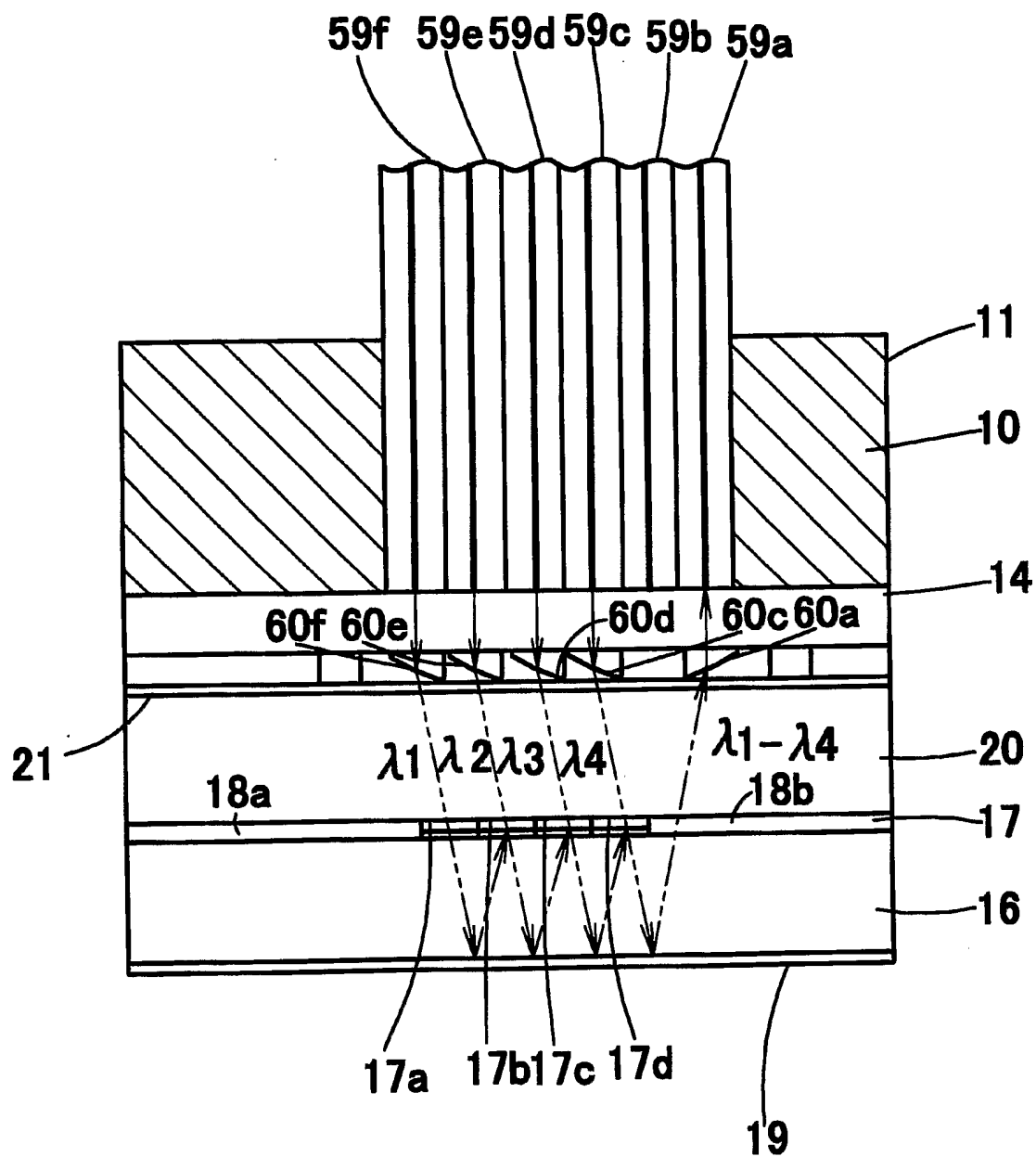


Fig. 49

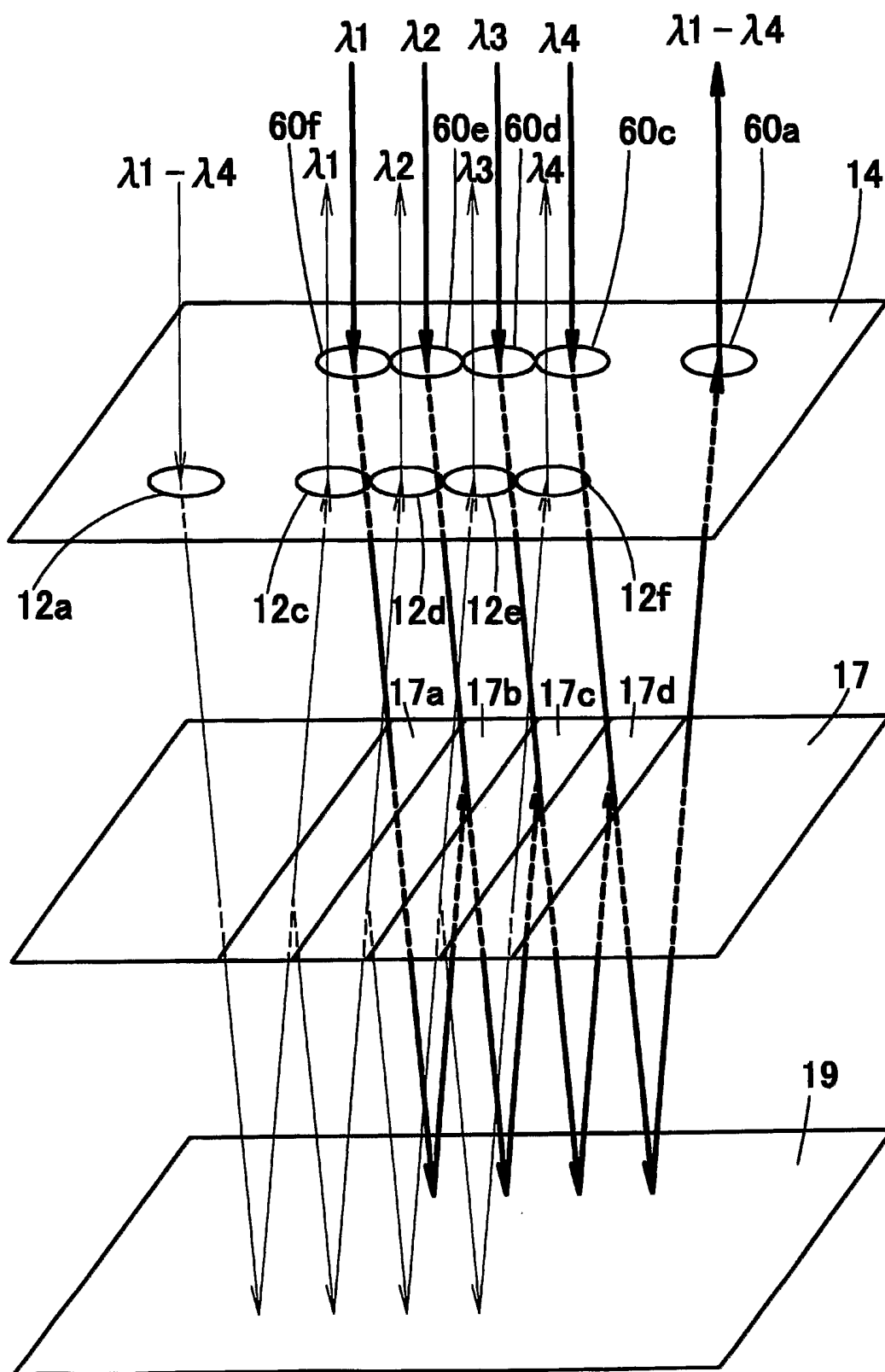


Fig. 50

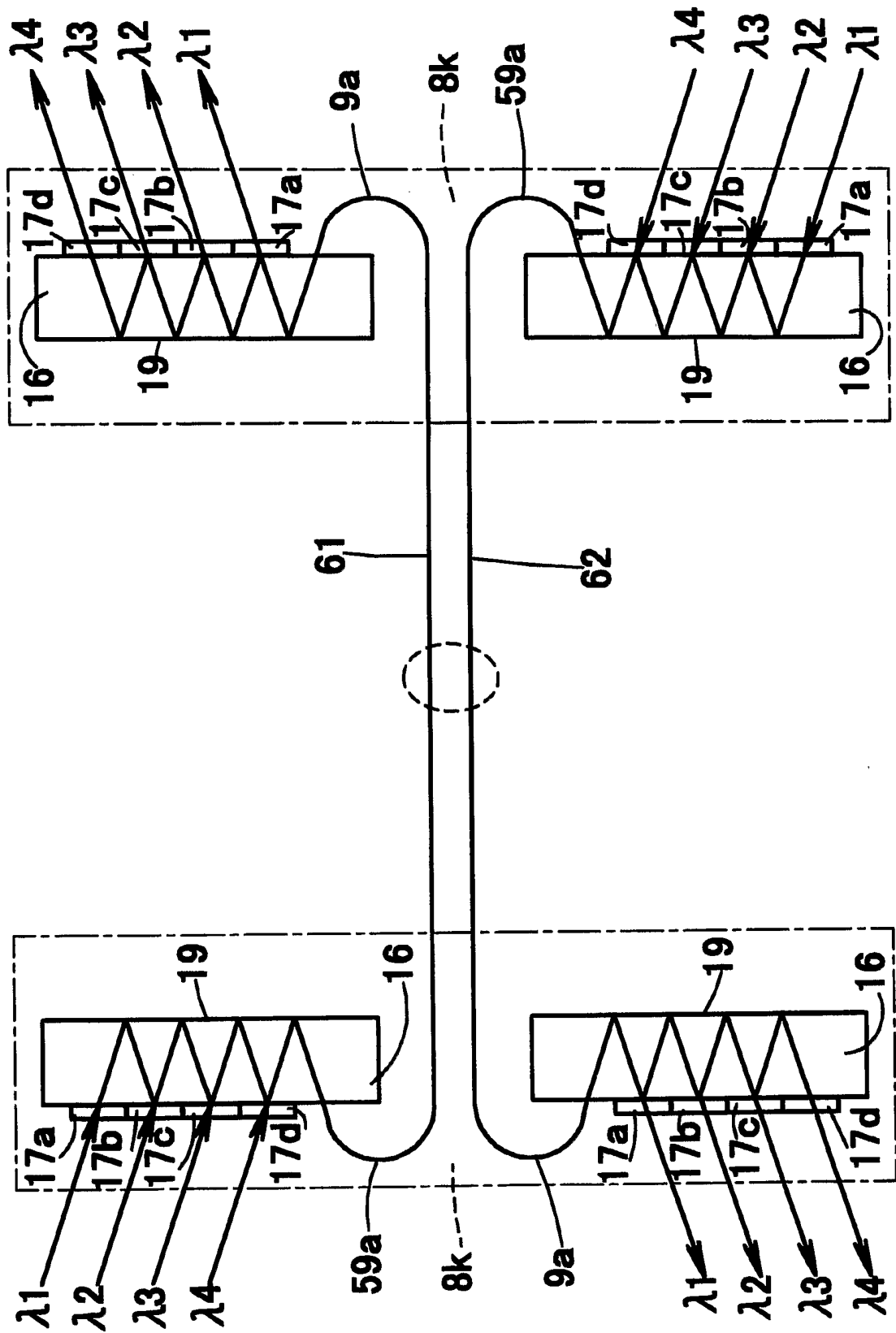


Fig. 51

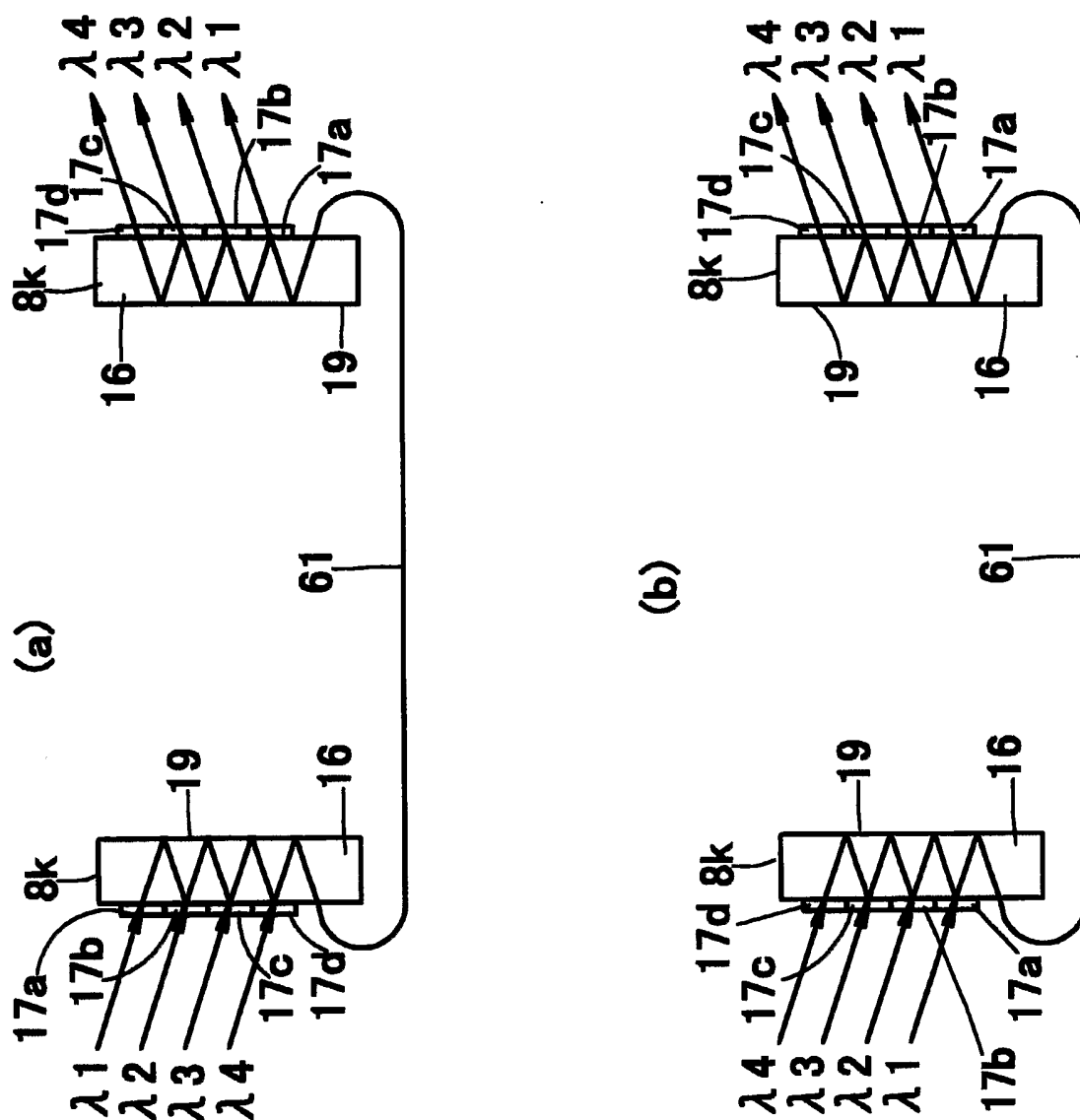


Fig. 52

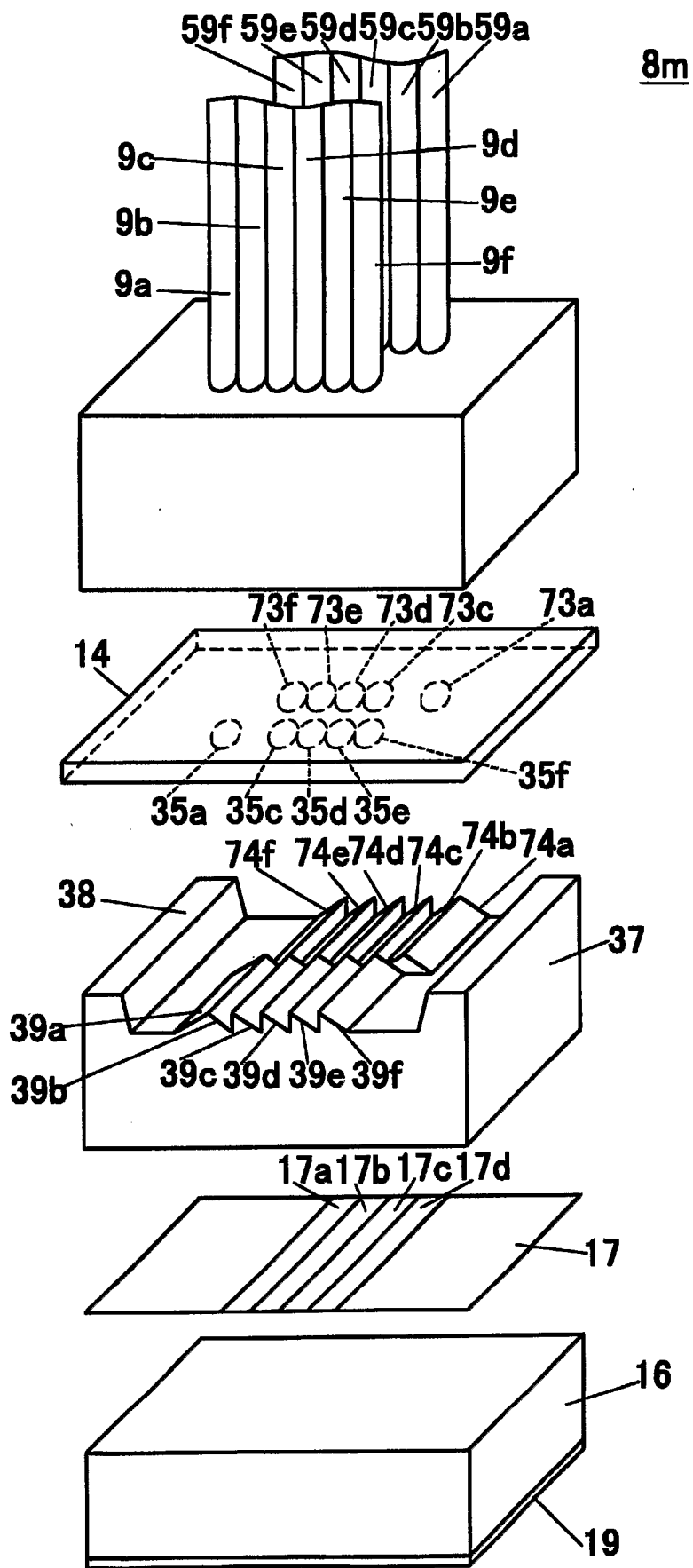


Fig. 53

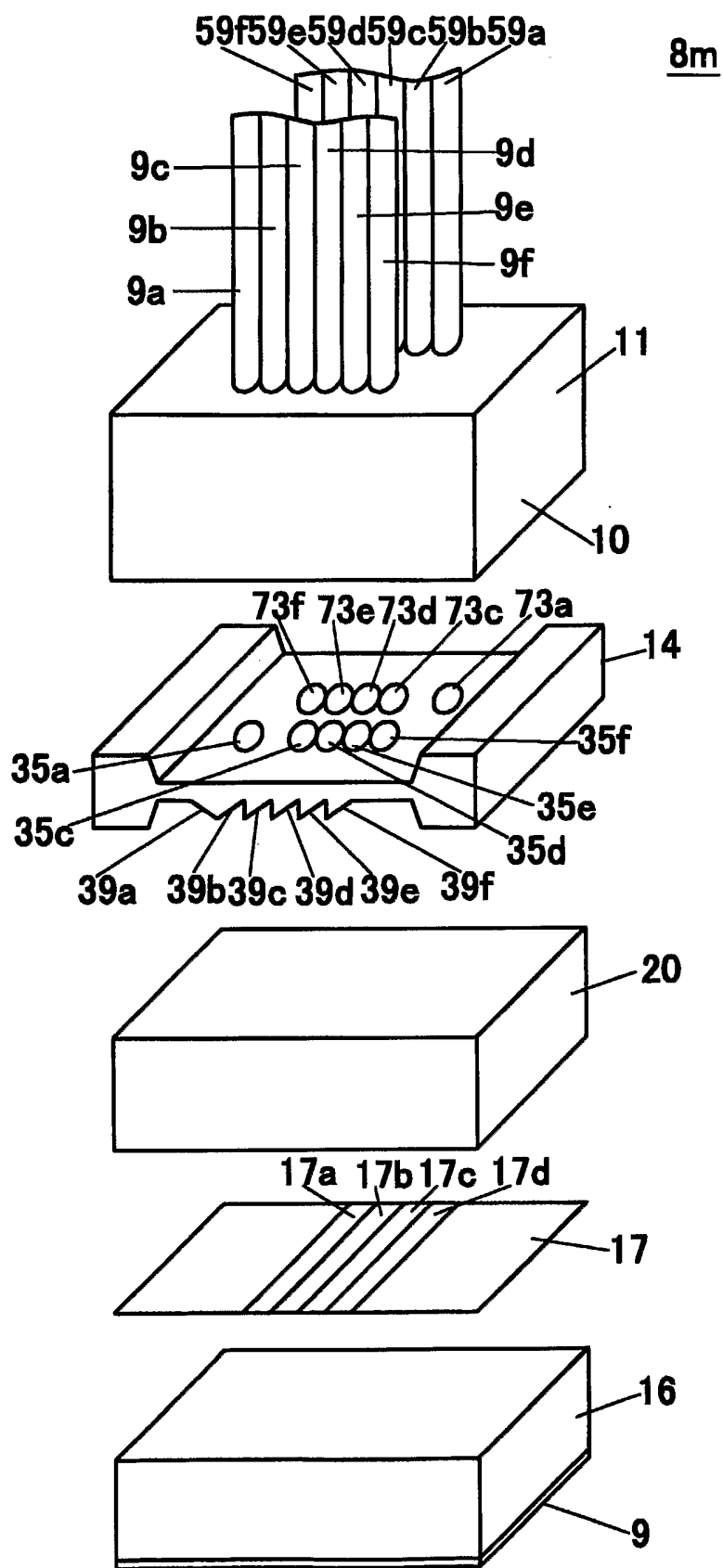


Fig. 54

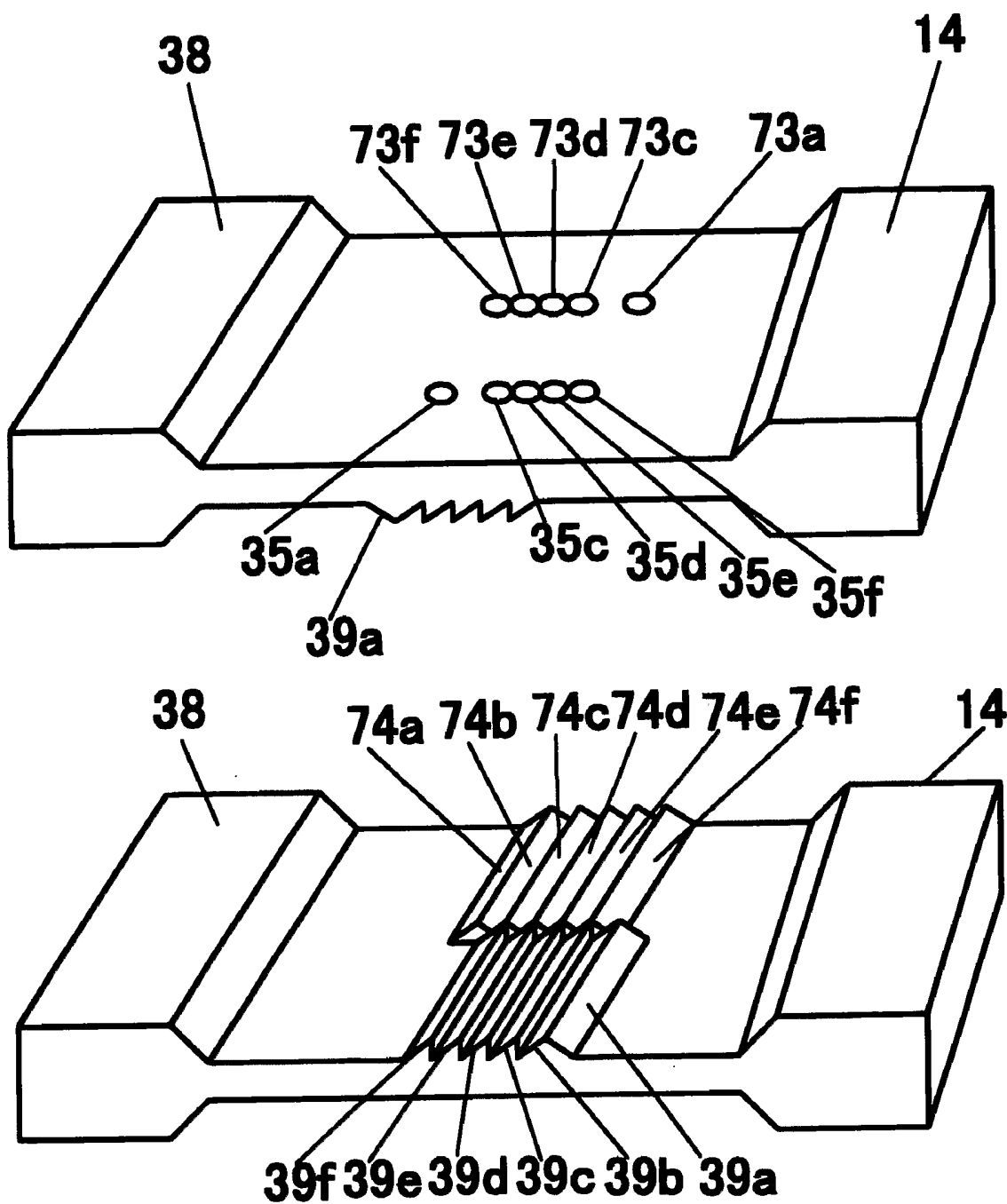


Fig. 55

8p

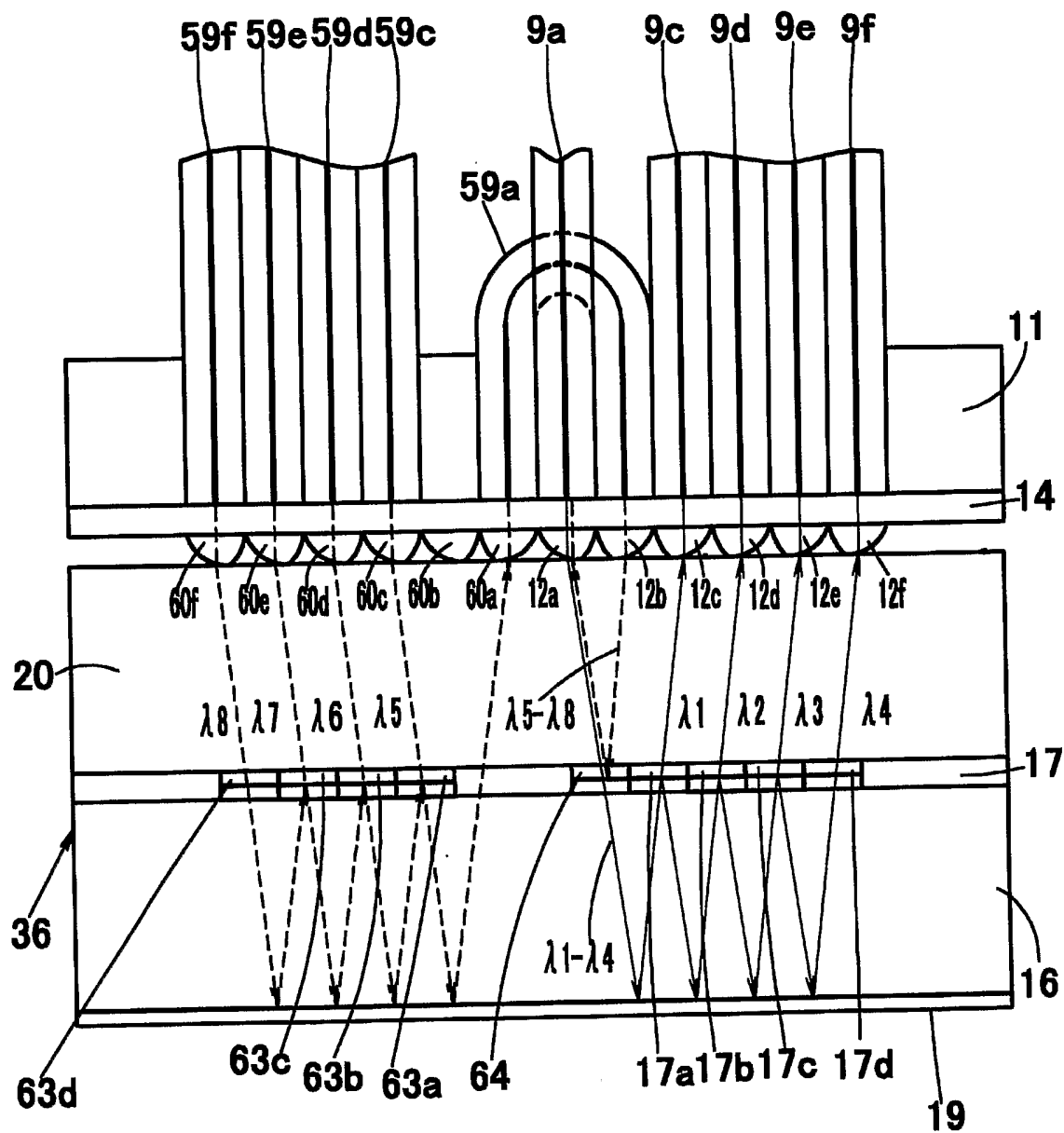


Fig. 56

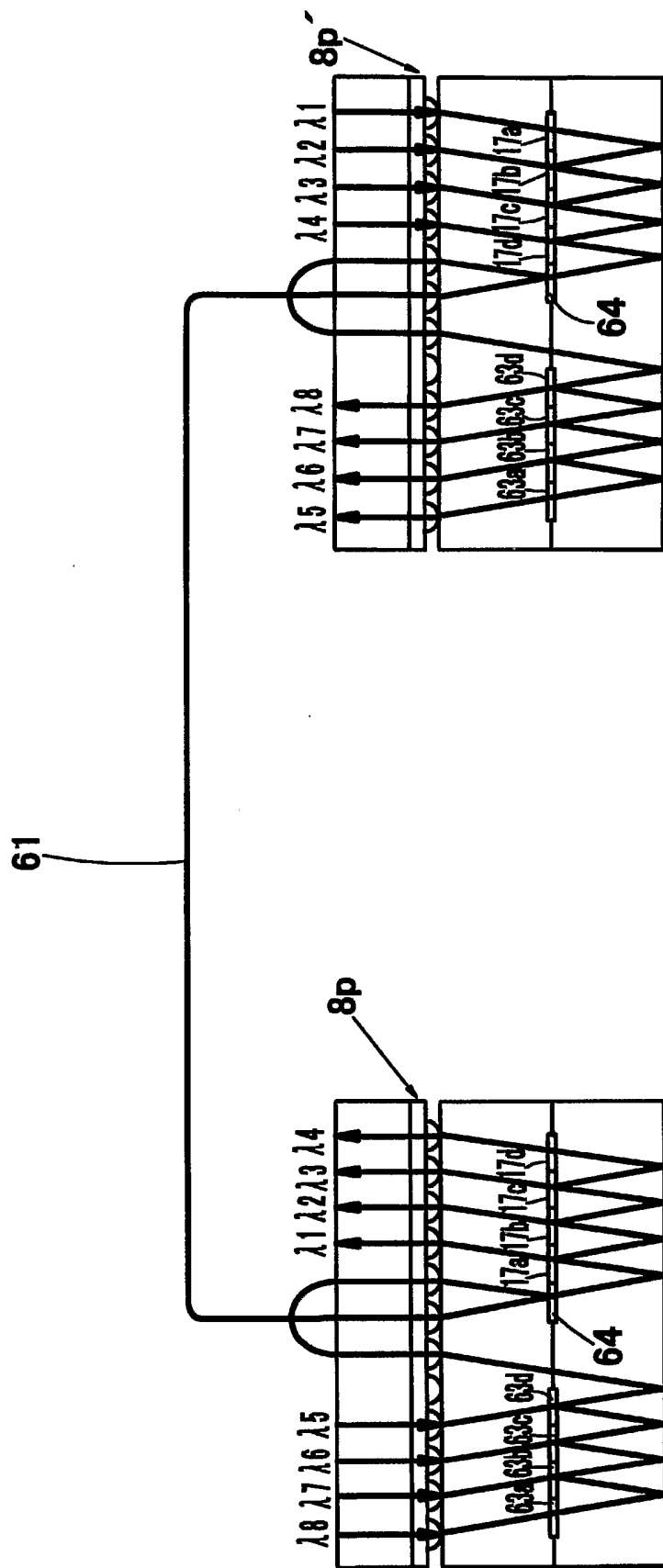


Fig. 57

8q

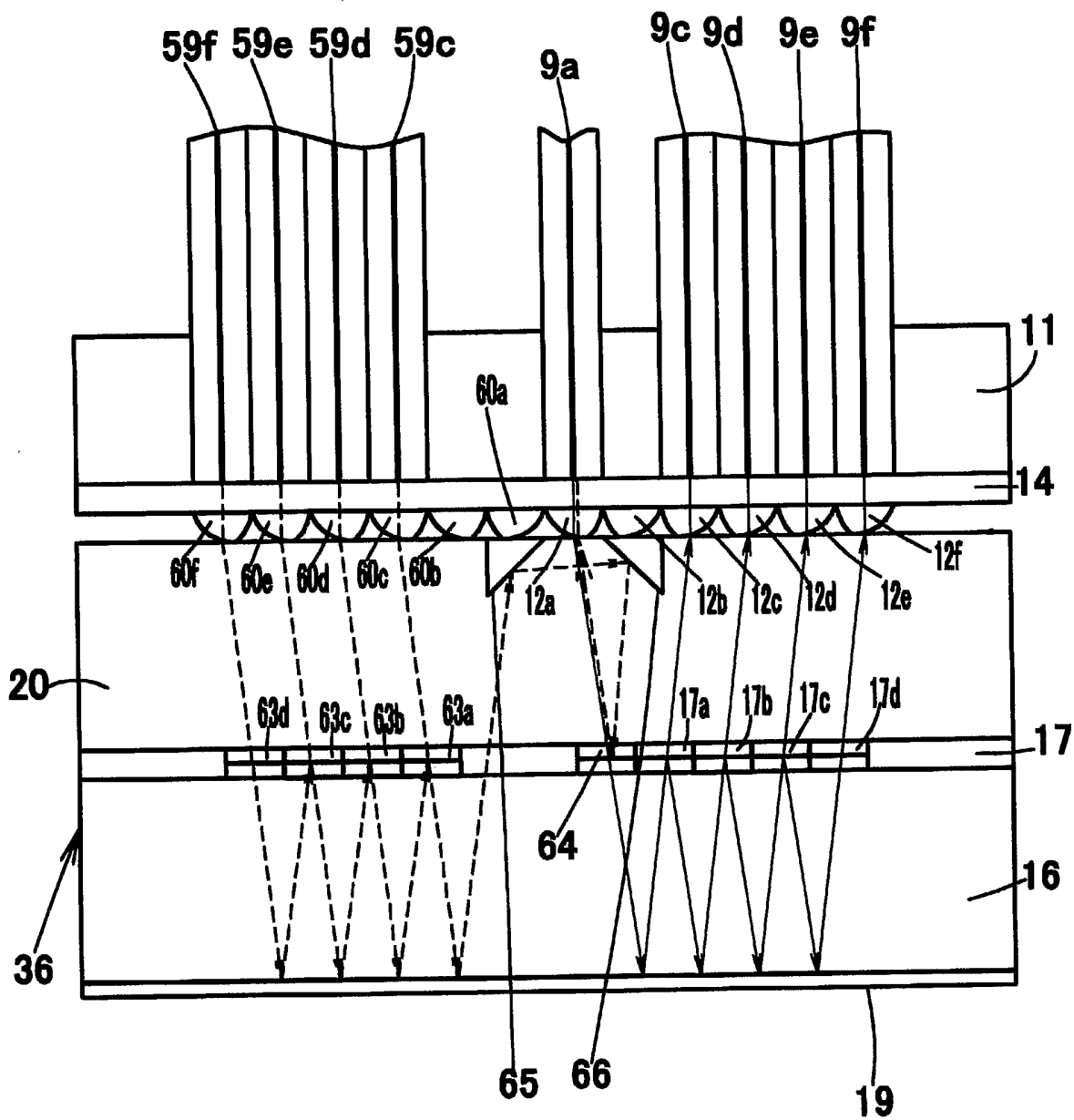


Fig. 58

8r

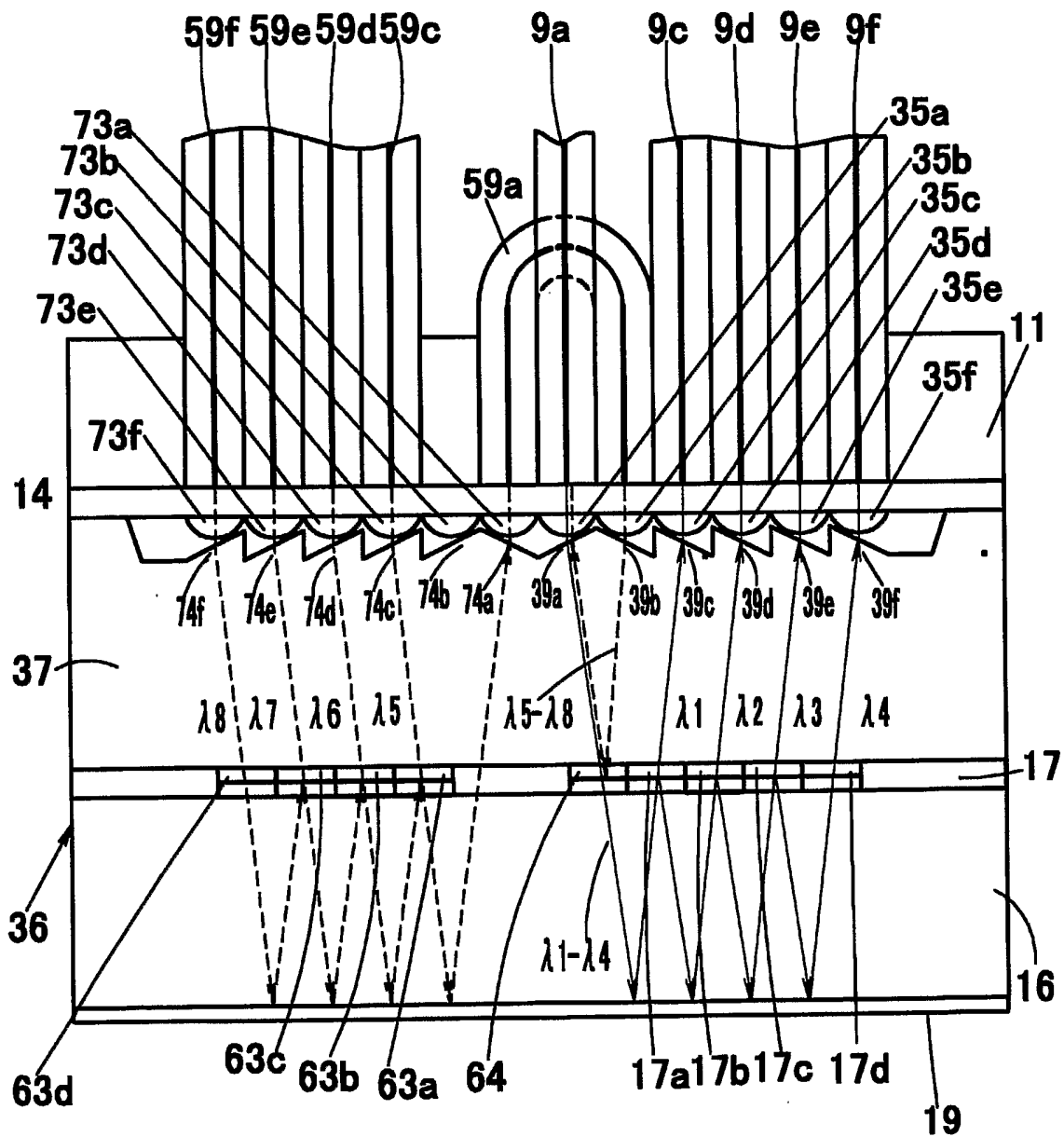


Fig. 59

8s

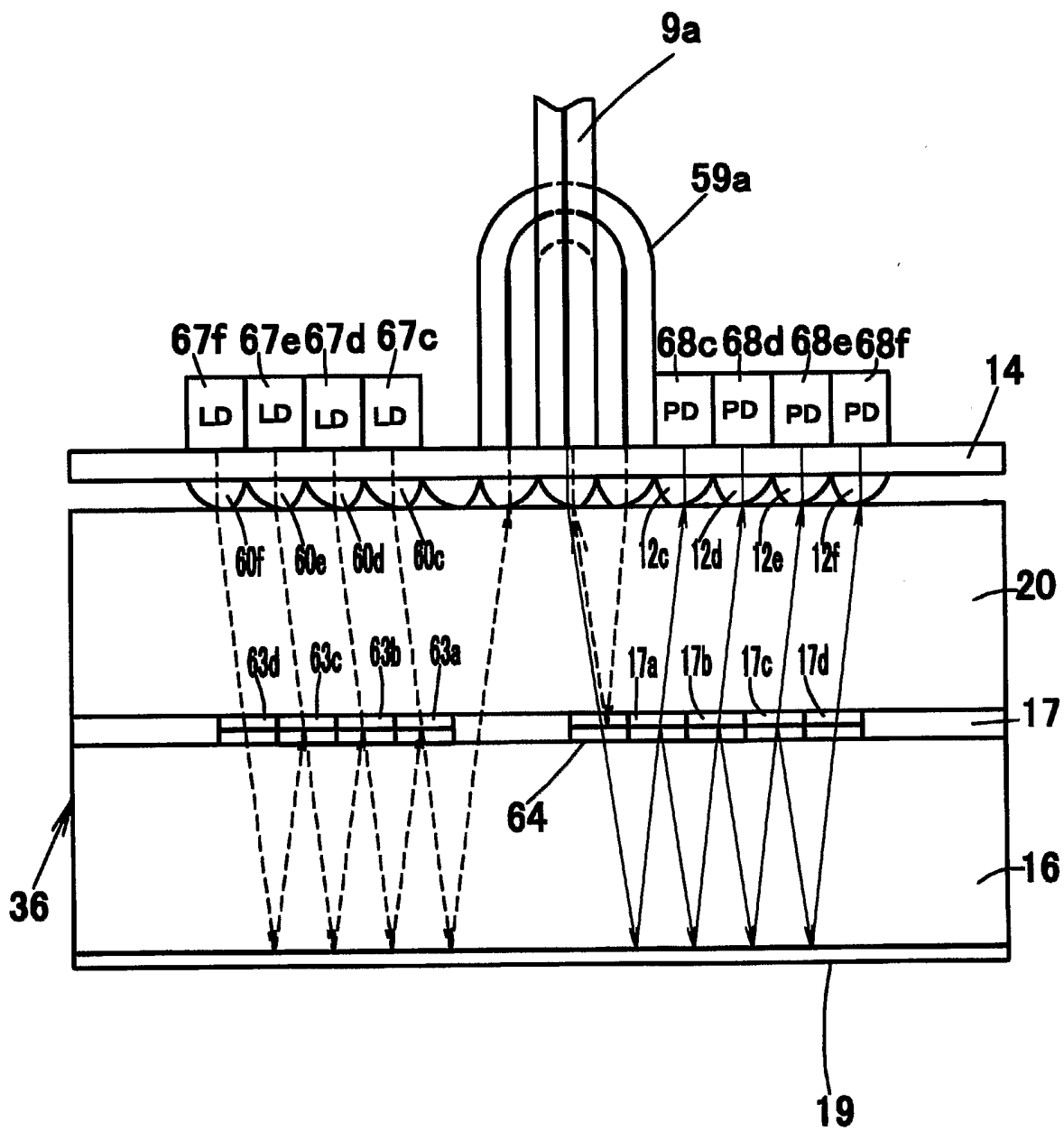


Fig. 60

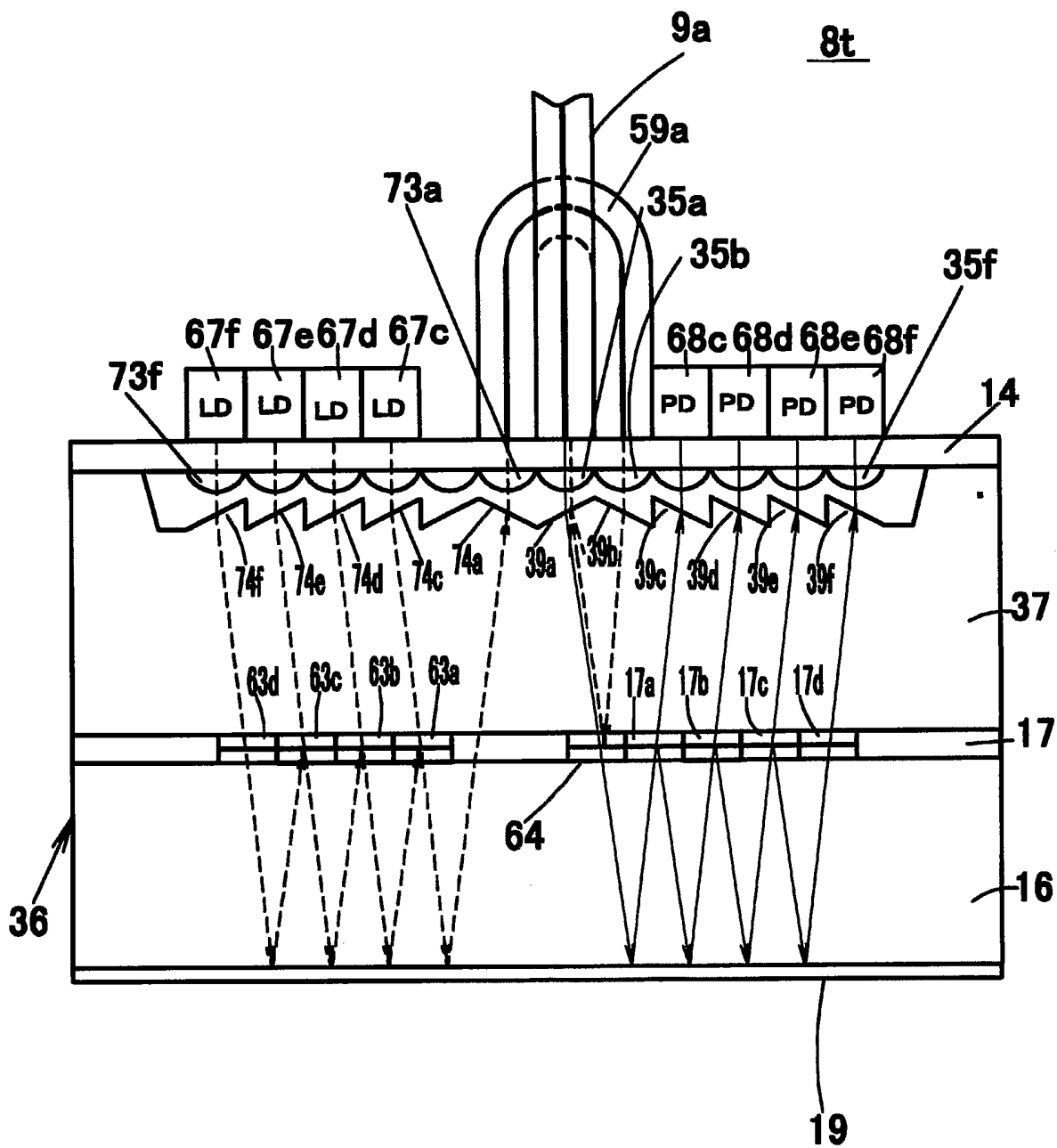


Fig. 61

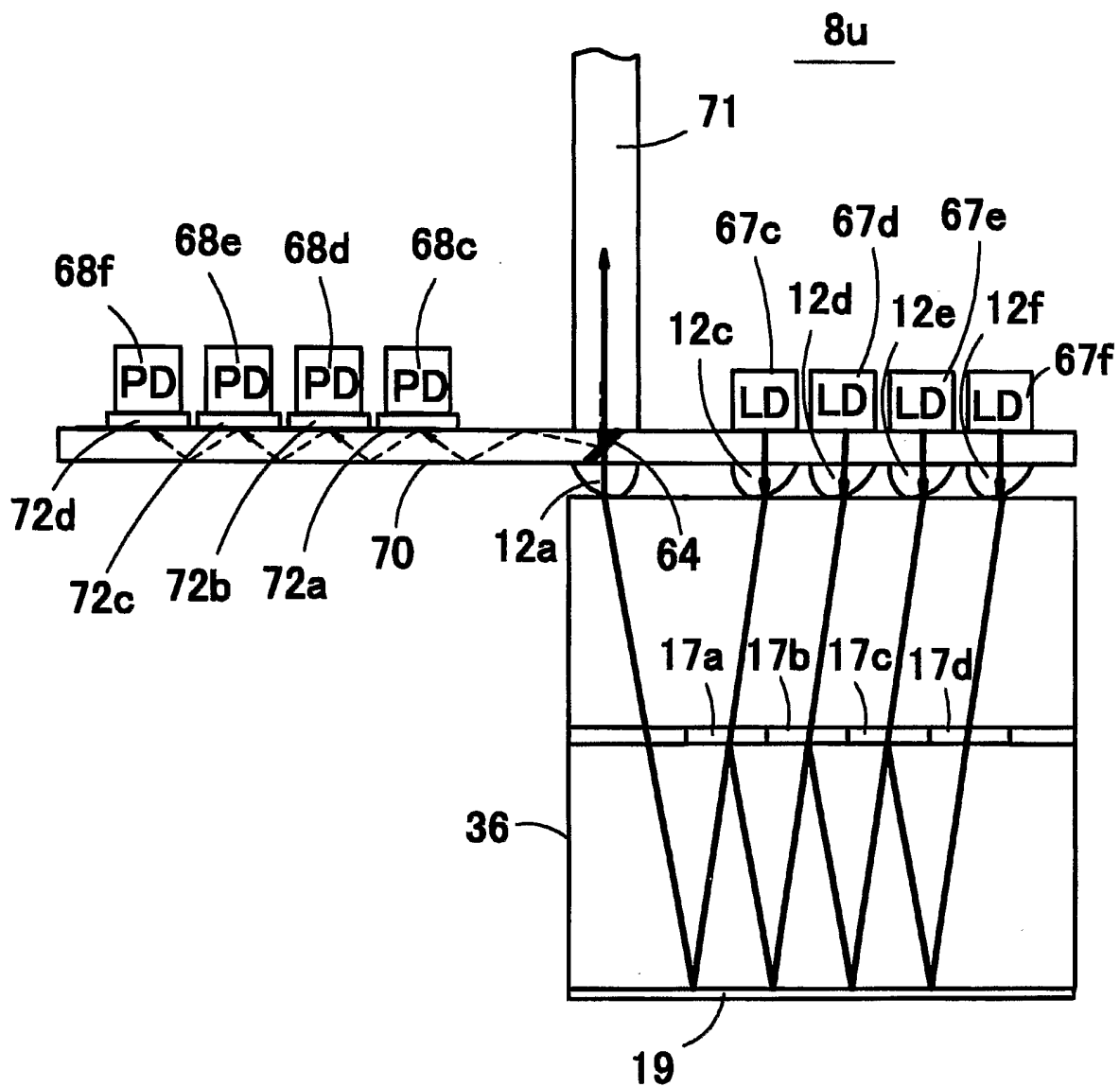


Fig. 62

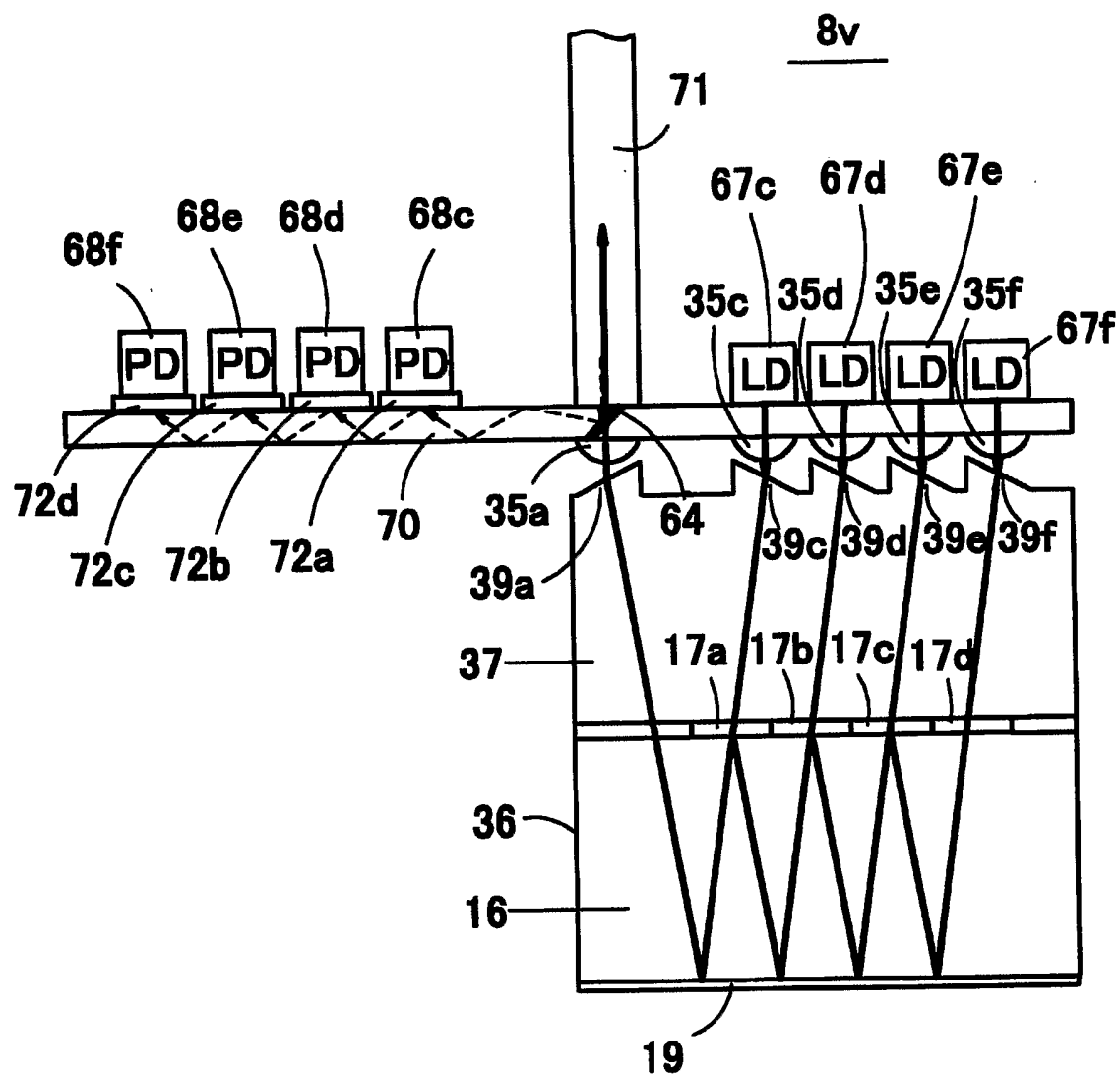


Fig. 63

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/13899

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ G02B6/293, G02B6/42

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ G02B6/293, G02B6/42

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 54094/1979 (Laid-open No. 155204/1980) (NEC Corp.), 08 November, 1980 (08.11.80), Page 6, line 5 to page 18, line 18; Fig. 5 (Family: none)	1-4, 6, 7, 28 31

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>
--	---

Date of the actual completion of the international search 03 February, 2004 (03.02.04)	Date of mailing of the international search report 24 February, 2004 (24.02.04)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
--	--------------------

Facsimile No.	Telephone No.
---------------	---------------

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/13899

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

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

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

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

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

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

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

Respective inventions in claim 1-36 are intended to make such a contribution over the prior art described in Fig. 1 and JP 60-184215 A that "a multi-channel type, small, low-cost optical multiplexer/demultiplexer for multiplexing/demultiplexing lights having a plurality of wavelengths or wavelength regions, and a production method therefore". In addition, a common feature embodying such a contribution in claims 1-36 is that "disposing a plurality of optical input/output means on the same side of a transmission means with respect to a light guide means so that their optical axis directions are almost vertical to the arranging directions of wavelength selection elements, (Continued to extra sheet)

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.: 1-4, 6, 7, 28, 31

- Remark on Protest**
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/13899

Continuation of Box No. II of continuation of first sheet(1)

and converting the optical axis directions of lights passed through the respective wavelength selection elements to be parallel to the optical axis directions of respective optical input/output means or disposing polarization elements for respectively converting lights parallel to the optical axis directions of optical input/output means into the optical axis directions of lights passing through the respective wavelength selection elements between the optical input/output means and the respective wavelength selection elements".

However, since our search has found the above common feature is disclosed in the description and micro-filmed drawings attached to the application of document JP 54-54094 (JP 55-155204), (NEC Corp.), 08 November, 1980 (08.11.80), page 6, line 5 to page 18, line 18, Fig. 5, it is not clearly novel.

Consequently the common feature is not a special technical feature within the meaning of PCT Rule 13.2, second sentence, since it makes no contribution over the prior art.

Therefore, it is not a special technical feature common to all the claims within the meaning of PCT Rule 13.2, second sentence.

There exists no other common feature to be considered to be a special technical feature within the meaning of PCT Rule 13.2, second sentence, therefore no technical relationship within the meaning of PCT Rule 13 can be found among those different inventions.

Accordingly, inventions in claims 1-36 do not fulfill the requirement of unity of invention.

Furthermore, this application includes the following inventions that do not fulfill the requirement of unity of invention, in addition to main inventions consisting of claims 1, 2 and claim 31 constituting one method specially applied to the production of an optical multiplexer/demultiplexer in claim 1.

"Claims 3, 4" (second invention), "Claim 5" (third invention),
"Claim 6" (fourth invention), "Claim 7" (fifth invention),
"Claims 8, 9" (sixth invention), "Claims 10-12" (seventh invention),
"Claim 13" (eighth invention), "Claim 14" (ninth invention),
"Claim 15" (10th invention), "Claim 16" (11th invention),
"Claim 17" (13th invention), "Claims 18, 19" (13th invention),
"Claim 20" (14th invention), "Claims 21, 22" (15th invention),
"Claim 23" (16th invention), "Claim 24" (17th invention),
"Claims 25-27" (18th invention), "Claim 28" (19th invention),
"Claim 29" (20th invention), "Claim 30" (21st invention),
"Claim 32" (22nd invention), "Claims 33-35" (23rd invention),
"Claim 36" (24th invention)

As inventions in claims 2, 4, 5, 19 could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.

第I欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT17条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第II欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

本願明細書によれば、請求の範囲1-36に記載された各発明は、図1及びJP 60-184215 Aに記載された先行技術に対し、「複数の波長又は波長域の光を合分波する複数チャンネル型の、小型で安価な光合分波器とその製造方法を提供する」という貢献をするためになされた発明である。そして、かかる貢献を明示する請求の範囲1-36における共通事項は、「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光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」であると認められ

1. 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

請求の範囲1-4, 6, 7, 28, 31

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
- 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。

(第Ⅱ欄の続き)

る。

しかしながら、調査の結果、前記共通事項は、文献日本国実用新案登録出願54-54094号(日本国実用新案登録出願公開55-155204号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム(日本電気株式会社)1980.11.08,第6頁第5行-第18頁第18行,第5図に開示されているから新規でないことが明らかとなった。

結果として、前記共通事項は、先行技術の域を出ないから、PCT規則13.2の第2文の意味において特別な技術的特徴ではない。

それ故、請求の範囲全てに共通する、PCT規則13.2の第2文の意味における特別な技術的特徴はない。

さらに、PCT規則13.2の第2文の意味において特別な技術的特徴と考えられる他の共通の事項は存在しないので、それらの相違する発明の間にPCT規則13の意味における技術的な関連を見いだすことはできない。

よって、請求の範囲1-36は発明の単一性の要件を満たしていない。

そして、この出願は、請求の範囲1,2及び請求の範囲1の光合分波器の製造のために特に適用した一の方法である請求の範囲31からなる主発明の他に、単一性の要件を満たさない下記発明を含む。

「請求の範囲3,4」(第2発明)、「請求の範囲5」(第3発明)、
「請求の範囲6」(第4発明)、「請求の範囲7」(第5発明)、
「請求の範囲8,9」(第6発明)、「請求の範囲10-12」(第7発明)、「請求の範囲13」(第8発明)、「請求の範囲14」(第9発明)、
「請求の範囲15」(第10発明)、「請求の範囲16」(第11発明)、
「請求の範囲17」(第13発明)、「請求の範囲18,19」(第13発明)、「請求の範囲20」(第14発明)、「請求の範囲21,22」(第15発明)、「請求の範囲23」(第16発明)、「請求の範囲24」(第17発明)、
「請求の範囲25-27」(第18発明)、「請求の範囲28」(第19発明)、「請求の範囲29」(第20発明)、「請求の範囲30」(第21発明)、
「請求の範囲32」(第22発明)、「請求の範囲33-35」(第23発明)、「請求の範囲36」(第24発明)

ただし、第2,4,5,19発明に関しては、追加手数料を要求するまでもなく調査することができたので、追加手数料の納付を求めない。