

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2006年8月3日 (03.08.2006)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2006/080249 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 6/293 (2006.01) G02B 6/42 (2006.01)
G02B 6/32 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2006/300832
- (22) 国際出願日: 2006年1月20日 (20.01.2006)
- (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2005-020216 2005年1月27日 (27.01.2005) 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]; 〒6008530 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): 竹田 誉 (TAKEDA, Homare) [JP/JP]; 〒6008530 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). 古澤 光一 (FURUSAWA, Koichi) [JP/JP]; 〒6008530 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). 熊迫 淳一 (KUMASAKO, Junichi) [JP/JP]; 〒6008530 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). 張 湘泉 (Zhang xiangquan) [JP/JP]; 〒5250054 滋賀県草津市東矢倉1-5-32 Shiga (JP).

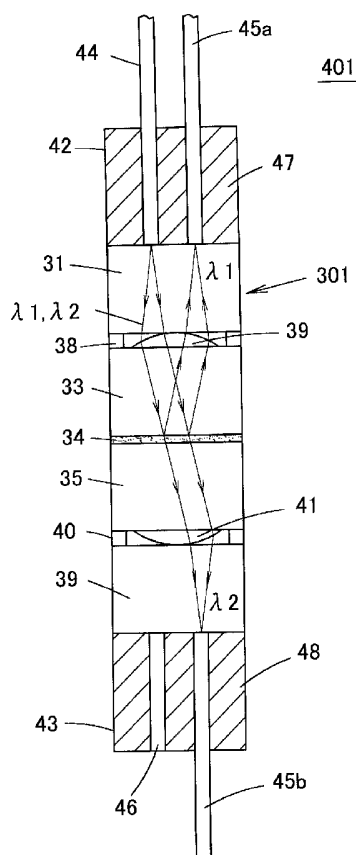
(74) 代理人: 中野 雅房 (NAKANO, Masayoshi); 〒5400012 大阪府大阪市中央区谷町1丁目3番5号 オグラ天満橋ビル Osaka (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU,

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL MULTIPLEXER/DEMULTIPLEXER, METHOD FOR FABRICATING THE SAME, AND OPTICAL MULTIPLEXER/DEMULTIPLEXER MODULE

(54) 発明の名称: 光合分波器及びその製造方法並びに光合分波モジュール



(57) Abstract: A filter (34) is sandwiched between the other sides of a supporting plate (33) having a lens (39) formed on one side thereof and a supporting plate (35) having a lens (41) formed on one side thereof and then integrated. Sealing portions (38, 40) thicker than the lenses are formed on the supporting plates (33, 35) to surround the lenses (39, 41). A spacer (31) is bonded to the sealing portion (38) of the supporting plate (33) through adhesive, and a spacer (37) is bonded to the sealing portion (40) of the supporting plate (35) through adhesive. Fiber arrays (42, 43) are bonded, respectively, to the opposite end faces of an optical multiplexer/demultiplexer (301) thus fabricated to obtain an optical multiplexer/demultiplexer module (401).

(57) 要約: 一方の面にレンズ39を成形された支持プレート33と、一方の面にレンズ41を成形された支持プレート35との、他方の面間にフィルタ34を挟み込んで一体化する。支持プレート33、35には、レンズ39、41を囲むようにしてシール部38、40がレンズ厚みよりも高く形成されており、支持プレート33のシール部38にはスペーサ31が接着剤で接合され、支持プレート35のシール部40にはスペーサ37が接着剤で接合される。こうして構成された光合分波器301の両端面には、それぞれファイバレイ42、43が接合されて光合分波モジュール401が形成される。



SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT,
TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, 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。

明 細 書

光合分波器及びその製造方法並びに光合分波モジュール

技術分野

- [0001] 本発明は、複数波長の光を含む光信号から各波長の光信号を分波して取り出し、あるいは、複数波長の光を合波して複数波長の光を含む光信号を作り出すことができる光合分波器とその製造方法に関する。さらに、本発明は当該光合分波器を用いた光合分波モジュールに関する。

背景技術

- [0002] 図1は特開平10-268157号(特許文献1)に開示された従来例の光合分波モジュールの構造を示す断面図である。この光合分波モジュール201にあつては、非球面レンズ14を保持したレンズホルダー12をスペーサ11、13で挟み込んで光ユニット15を形成し、非球面レンズ19を保持したレンズホルダー17をスペーサ16、18で挟みこんで光ユニット20を形成している。光ユニット15と光ユニット20は、中間にフィルタ21を挟んで円筒体22内に納められている。そして、発光素子23を有する発光部24をスペーサ18の端面に取付け、入力用光ファイバ25と出力用光ファイバ26を備えたファイバアレイ27をスペーサ11の端面に接続して光合分波モジュール201が構成されている。
- [0003] しかし、図1に示すように、入力用光ファイバ25から入力された波長 λ 1の光信号をフィルタ21で反射させると共に、発光素子23から出射された波長 λ 2の光信号をフィルタ21に透過させ、波長 λ 1の光信号と波長 λ 2の光信号を重畳させて出力用光ファイバ26から出力させている。
- [0004] このような光合分波モジュール201では、非球面レンズ14、19を保持したレンズホルダー12、17とフィルタ21とスペーサ11、13、16、18を円筒体22内に挿入することによって非球面レンズ14、19の中心軸どうしを一致させると共に、レンズホルダー12、17やスペーサ13、16の長さによって非球面レンズ14、19とフィルタ21との距離を所定距離に保っている。その後、出力用光ファイバ26の出力をモニターしながら発光素子23やファイバアレイ27を横方向に動かして発光素子23やファイバアレイ27

の光軸調整を行なっている。

[0005] しかしながら、従来例の光合分波モジュール201では、個々の部品がばらばらに製造されていたので、レンズホルダー12、17やスペーサ11、13、16、18等の個々の部品に寸法バラツキが発生し易い。また、非球面レンズ14、19は環状のレンズホルダー12、17内に縁を嵌め込まれているだけであるので、レンズホルダー12、17に保持された非球面レンズ14、19の位置や角度にもバラツキが生じ易い。さらに、フィルタ21は、スペーサ13、16間に挟みこまれるだけであるので、角度が非球面レンズ14、19の中心軸に垂直な角度から傾き易い。そのため、非球面レンズ14、19を保持したレンズホルダー12、17、フィルタ21及びスペーサ11、13、16、18を円筒体22に挿入して組み立てたとしても、非球面レンズ14、19の中心軸どうしのズレや、非球面レンズ14、19とフィルタ21の平行度や距離のバラツキが起こる恐れがあった。その結果、発光素子23やファイバレイ27の位置を動かして出力用光ファイバ26からの出力が最大となるように合分波モジュール201を一つ一つ光軸調整したとしても、光合分波モジュール201の特性の均一化を図るのに限度があった。また、これらのバラツキを最小にして光合分波モジュール201の特性を均一にしようとするれば、各部品の製造精度を非常に高くしなければならず、製造コストが高くつく問題があった。

[0006] 特許文献1:特開平10-268157号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0007] 本発明は上記のような技術的課題に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、レンズやフィルタを一体的に形成することによりレンズやフィルタの平行性や距離などの精度を高め、特性のバラツキを小さく抑えることができる光合分波器及び光合分波モジュールを提供することにある。本発明の別な目的は、調整作業を一括して効率的に行える光合分波器の製造方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明の第1の光合分波器は、透明な支持プレート的一方の面にフィルタ部を設け、前記支持プレートの前記フィルタ部と反対側の面にレンズを一体に成形し、前記レンズを挟んで前記支持プレートに透明なスペーサを接合させたものである。なお、

この光合分波器は、例えば図25に示す実施例の光合分波器である。

- [0009] 本発明の第1の光合分波器にあつては、支持プレート的一方にフィルタ部を設け、他方にレンズを成形しているため、レンズとフィルタ部との距離や平行性を精度良く得ることができる。よって、光合分波器に接続されるファイバアレイ等との調芯作業も容易に行なうことができる。また、光ファイバや発光素子、受光素子をスペーサの外面に当接させることにより、光ファイバ等とレンズとを所定距離に保持させることができる。
- [0010] 本発明の第1の光合分波器のある実施態様は、前記フィルタ部の外面に、前記レンズとは別なレンズを配設したものである。かかる実施態様によれば、フィルタを透過した光を別なレンズで集光させることができ、光ファイバや発光素子、受光素子との結合効率を向上させることができる。なお、この実施態様は、例えば図26や図27に示す実施例の光合分波器である。
- [0011] 本発明の第2の光合分波器は、透明な一对の支持プレート間にフィルタ部を挟み込み、各支持プレートの前記フィルタ部と反対側の面にそれぞれレンズを一体に成形し、前記各レンズを挟んで前記各支持プレートにそれぞれ透明なスペーサを接合させたものである。なお、この光合分波器は、例えば図2に示す実施例の光合分波器である。
- [0012] 本発明の第2の光合分波器にあつては、フィルタ部を挟む一对の支持プレートの他方の面にそれぞれレンズを成形しているため、レンズとフィルタ部の距離や平行性、あるいはレンズどうしの距離や中心軸の平行性などの精度を向上させることができる。また、光ファイバや発光素子、受光素子をスペーサの外面に当接させることにより、光ファイバ等とレンズとを所定距離に保持させることができる。よって、光合分波器に接続されるファイバアレイ等との調芯作業も容易に行なうことができる。
- [0013] 本発明の第1又は第2の光合分波器のある実施態様は、前記支持プレートに前記レンズの厚みよりも高く突出した突起部を設けている。かかる実施態様によれば、支持プレートにレンズの厚みよりも高い突起部を設けているため、突起部をスペーサに当接させることによってスペーサを一定距離を保って支持プレートに接合させることができる。さらに、レンズを挟んで支持プレートにスペーサを接合したとき、突起部が

スペーサに当たってスペーサと支持プレートが一定距離に保たれるので、レンズとスペーサとが接触するのを防止してレンズを保護することができる。

[0014] さらに、上記実施態様においては、前記レンズを囲むように前記突起部が前記レンズの周囲に形成され、前記レンズが前記支持プレートと前記突起部と前記スペーサによって囲まれた空間内に封止されていることが望ましい。突起部によってレンズを囲んでレンズを封止するようにすれば、レンズに結露が発生したりホコリが付着したりするのを防止でき、光合分波器の耐湿性や防塵性が向上する。

[0015] 本発明の第1又は第2の光合分波器の別な実施態様は、前記各レンズが同じ形状をしたレンズであることを特徴としている。かかる実施態様によれば、入射した光がレンズの中心軸から外れた個所を通過し、別なレンズの中心軸から外れた個所を通過して出射される場合に、前者のレンズを通過して変形したビーム断面を後者のレンズによって修正することができる。

[0016] 上記実施態様における前記各レンズは互いに中心軸がずれていることが望ましい。特に好ましくは、両レンズのフィルタからの距離の差に応じてレンズの中心軸がずれていることが望ましい。すなわち、両レンズを互いにずらせることによって光入射側のレンズの光入射位置と光出射側のレンズの光出射位置がレンズ内の同じ領域となるようにすることにより、出射光において入射光と同等なビーム断面を得ることができる。

[0017] 本発明の第1又は第2の光合分波器のさらに別な実施態様は、前記フィルタ部に対応して、前記フィルタ部とほぼ平行な面内に複数個のレンズを設けたものである。この実施態様によれば、単体の光合分波器が複数個分一体となった光合分波器をアレイ化することができ、複数組の光を一度に合分波することができる。なお、この実施態様は、例えば図32に示す実施例の光合分波器である。

[0018] 本発明の第2の光合分波器のさらに別な実施態様は、前記フィルタ部が、互いに直角に配置された2つのフィルタを有し、入射した3つの波長域の光のうち第1の波長域の光を一方のフィルタで反射させて外部へ取り出し、一方のフィルタを透過した第2及び第3の波長域の光のうち第2の波長域の光を他方のフィルタに透過させて外部へ取り出すと共に、第3の波長域の光を他方のフィルタで反射させて外部へ取り出す

ようにしたものである。かかる実施態様によれば、少ない部品点数で構成することができ、調芯自由度も高いので、低損失の3波長用光合分波器を得ることができる。なお、この実施態様は、例えば図28に示す実施例の光合分波器である。

[0019] 本発明の第1又は第2の光合分波器のさらに別な実施態様は、前記フィルタ部が、互いに平行に配置された2つのフィルタと光反射面とを有し、入射した3つの波長域の光のうち第1の波長域の光を一方のフィルタで反射させて外部へ取り出し、一方のフィルタを透過した第2及び第3の波長域の光のうち第2の波長域の光を他方のフィルタに透過させて外部へ取り出すと共に、第3の波長域の光を他方のフィルタと前記光反射面で反射させて第2の波長域の光と同じ側から外部へ取り出すようにしたものである。かかる実施態様にあっても、3つの波長の光を合分波することができ、調芯自由度が高くて低損失の光合分波器を得ることができる。さらに、この実施態様では、2つのフィルタが平行となっているので、フィルタどうしの位置関係の精度を得やすく、しかも、一方のフィルタを透過して他方のフィルタで反射された光を光反射面で反射させて、双方のフィルタを透過した光と同じ側へ導いているので、一方のフィルタを透過した第2及び第3の波長域の光を同一位置で受光させることができる。なお、この実施態様は、例えば図30に示す実施例の光合分波器である。

[0020] 本発明の第1の光合分波モジュールは、本発明の第1又は第2の光合分波器の一方端部を発光部又は受光部に接続させ、前記光合分波器の他方端面に複数本の光ファイバからなるファイバアレイを接続したものである。ここで、発光部とは例えば発光ダイオード(LED)チップを封止したキャンタイプの発光用部品等である。また、受光部とは例えばフォトダイオードやフォトランジスタ等のチップを封止したキャンタイプの受光用部品等である。かかる光合分波モジュールによれば、光合分波器を発光部又は受光部に一体的に接続しているので、光合分波モジュールの小型化を図ることができる。また、スペーサの端面にファイバアレイが接続されるので、ファイバアレイとレンズとの距離を所定距離に保つことができ、ファイバアレイと光合分波器との調芯作業も容易に行なえる。なお、この光合分波モジュールは、例えば図35～図42に示す実施例の光合分波モジュールである。

[0021] 本発明の第2の光合分波モジュールは、フィルタ側端面から平行光を出射させるよ

うにした本発明の第1の光合分波器を用い、前記光合分波器のフィルタ側端部を、開口部にレンズを備えた受光部に傾きを持たせた状態で取り付けたものである。かかる光合分波モジュールによれば、第1の光合分波器のフィルタ側端面から出射された平行光を、受光部の開口部に設けられたレンズで集光させて受光部の中央に配置された受光素子で受光させることができる。しかも、この光合分波モジュールによれば、光合分波器と受光部との間では光が平行光となっているので、光合分波器と受光部との調芯も容易になる。なお、この光合分波モジュールは、例えば図35に示す実施例の光合分波モジュールである。

[0022] 本発明の第3の光合分波モジュールは、本発明の第1の光合分波器のフィルタ側端部を受光部に取り付け、前記フィルタに向けて入力された光をフィルタ近傍において集光させ、この光が大きく広がらないうちに前記受光部で受光させるようにしたものである。かかる光合分波モジュールによれば、第1の光合分波器のフィルタ側端面から出射された光が広がらないうちに受光部内の受光素子で受光させることができ、最小のレンズ構成で受光部と光合分波器とを結合させることができる。なお、この光合分波モジュールは、例えば図39に示す実施例の光合分波モジュールである。

[0023] 本発明の第4の光合分波モジュールは、本発明の第1又は第2の光合分波器の一方端部を、その中心軸と発光部又は受光部の中心とをずらした状態で、発光部又は受光部に取り付けたものである。第2の光合分波器から出射される光は、その光合分波器の中心から外れた位置から出射されるので、第2の光合分波器の中心軸と受光部の中心とをずらすことによって第2の光合分波器から出射される光を受光部の中心に設けられた受光素子で受光することが可能になる。逆に、発光部の中心に設けられた発光素子から出射された光を第2の光合分波器の光入力位置に入射させることが可能になる。なお、この光合分波モジュールは、例えば図40、図41に示す実施例の光合分波モジュールである。

[0024] 本発明の第5の光合分波モジュールは、本発明の第2の光合分波器の両端面にそれぞれ、複数本の光ファイバからなるファイバアレイを接続したものである。かかる光合分波モジュールによれば、第2の光合分波器のスペーサにファイバアレイを接続することによってレンズとファイバアレイとの距離を一定に保つことができ、レンズとファイ

バアレイとの調芯作業を容易に行なえる。なお、この光合分波モジュールは、例えば図3、図11、図14等に示す実施例の光合分波モジュールである。

[0025] 本発明の第6の光合分波モジュールは、本発明の第1の光合分波器の一方端面、若しくは本発明の第2の光合分波器の一方端面又は両端面に、複数本の光ファイバを円環状に配列させたファイバアレイを接続させたものである。かかる光合分波モジュールによれば、一つのレンズの周囲に対向させて複数本の光ファイバを円環状に配列させることにより、一つ又は一組のレンズによって光合分波器をアレイ化することができる。なお、この光合分波モジュールは、例えば図33に示す実施例の光合分波モジュールである。

[0026] 本発明の第1の光合分波器の製造方法は、本発明の第1の光合分波器を製造するための方法であって、前記支持プレートとなる第1のウエハの一方の面に前記フィルタ部を設け、第1のウエハの他方の面に複数個の前記レンズを成形し、レンズ全体を挟みこむようにして第1のウエハに前記スペーサとなる第2のウエハを貼り合わせた後、第1及び第2のウエハの間に複数個のレンズを挟みこんだ前記積層体をダイシングにより裁断して個々の光合分波器を製作するものである。なお、この製造方法は、例えば図4～図8に示す実施例の光合分波器の製造方法である。

[0027] かかる第1の光合分波器の製造方法によれば、一括して複数個の光合分波器を製作することができ、光合分波器のコストダウンを図ることができる。しかも、支持プレートとなる第1のウエハの両面にレンズとフィルタとを設けることで両者の平行度と距離を精度よく得ることができる。

[0028] 本発明の第2の光合分波器の製造方法は、本発明の第2の光合分波器を製造するための方法であって、前記支持プレートとなる第1のウエハの一方の面に前記フィルタ部を設けると共に第1のウエハの他方の面に複数個の前記レンズを成形し、レンズを介して第1のウエハの上に前記スペーサとなる第2のウエハを接合し、前記フィルタ部を介して前記第1のウエハに前記支持プレートとなる別な第1のウエハを接合し、前記別な第1のウエハの露出面に複数個の別な前記レンズを成形し、別な前記レンズを介して別な第1のウエハに前記スペーサとなる別な第2のウエハを接合して積層体を形成した後、前記積層体をダイシングにより裁断して個々の光合分波器を製作

するものである。なお、この製造方法は、例えば図15～図16に示す実施例の光合分波器の製造方法である。

- [0029] かかる第2の光合分波器の製造方法によれば、一括して複数個の光合分波器を作製することができ、光合分波器のコストダウンを図ることができる。また、各ウエハを一体に積層してレンズやフィルタを形成することで、レンズどうしの位置調整やレンズどうしの距離調整、レンズとフィルタとの平行度や距離などの調整も一括して精度良く行なうことができる。
- [0030] 本発明の第3の光合分波器の製造方法は、本発明の第2の光合分波器を製造するための方法であって、前記支持プレートとなる第1のウエハの一方の面に前記フィルタ部を設け、第1のウエハの他方の面に複数個の前記レンズを成形し、レンズ全体を挟みこむようにして第1のウエハに前記スペーサとなる第2のウエハを貼り合わせた後、第1及び第2のウエハの間に複数個のレンズを挟みこんだ積層体をダイシングにより裁断して中間部品を作製し、当該中間部品のフィルタ部を設けられた面どうしを接合させることによって個々の光合分波器を製作するものである。なお、この製造方法は、例えば図4～図9に示す実施例の光合分波器の製造方法である。
- [0031] かかる第3の光合分波器の製造方法によれば、一括して複数個の光合分波器を作製することができ、光合分波器のコストダウンを図ることができる。特に、片側の中間部品ともう片側の中間部品も同時に作製することができるので、光合分波器の製造工程が簡略化され、光合分波器をよりコストダウンすることができる。
- [0032] 本発明の第2の光合分波器の製造方法のある実施態様は、前記レンズを紫外線硬化型樹脂を使用した成形プロセスによって成形している。半導体製造プロセスの応用では、積層体の両面にレンズを形成することは困難であるが、スタンプを用いた紫外線硬化型樹脂の成形プロセスによれば、積層体の両面に容易にレンズを形成することができる。
- [0033] 本発明の第1～3の光合分波器の製造方法の別な実施態様は、第2のウエハを第1のウエハに接合する際には、第1のウエハの表面にレンズの厚みよりも高い突起部を形成しておき、当該突起部に第2のウエハを接合させるものである。かかる実施態様によれば、レンズに接着剤を付着させたり、レンズを第2のウエハに接触させたりす

ることなく、第1のウエハと第2のウエハとを接合することができる。

[0034] 本発明の第1～3の光合分波器の製造方法のさらに別な実施態様は、前記レンズを成形された第1のウエハに第2のウエハを接合する際には、毛細管現象を利用して前記突起部と第2のウエハとの間に接着剤を供給するものである。かかる実施態様によれば、レンズをマスクで覆ったりしなくても、レンズに接着剤を付着させることなく突起部にだけ接着剤を塗布することができる。

[0035] 上記実施態様においては、第1のウエハの前記突起部と隣接する個所に、第1のウエハと第2のウエハを接合させる接着剤を供給するための溝を形成しておくものである。かかる実施態様によれば、レンズをマスクで覆ったりしなくても、レンズに接着剤を付着させることなく突起部にだけ接着剤を速やかに塗布することができる。

[0036] なお、本発明の以上説明した構成要素は、任意に組み合わせることができる。

図面の簡単な説明

[0037] [図1]図1は、従来例による光合分波モジュールの断面図である。

[図2]図2(a)は本発明の第1の実施例による光合分波器を示す斜視図、図2(b)はその断面図である。

[図3]図3は、本発明の第1の実施例による光合分波モジュールの断面図である。

[図4]図4(a)、図4(b)、図4(c)、図4(d)及び図4(e)は、第1の実施例による光合分波器の製造工程を示す断面図である。

[図5]図5は、支持プレートの上に、レンズとシール部を成形した様子を示す斜視図である。

[図6]図6(a)はシール部とスペーサとの間に接着樹脂を注入する工程を説明する斜視図であり、図6(b)はその断面図である。

[図7]図7は、樹脂流動溝を形成されたシール部を示す斜視図である。

[図8]図8は、支持プレートやスペーサ等の積層体を裁断する工程を示す斜視図である。

[図9]図9は、2つのハーフパーツを接合して光合分波器を作製する工程を示す断面図である。

[図10]図10は、光合分波器の両端にファイバアレイを接続して光合分波モジュール

を作製する工程を示す断面図である。

[図11]図11は、シースに納められた光合分波モジュールを示す断面図である。

[図12]図12は、本発明の第1の実施例の変形例を示す断面図である。

[図13]図13(a)は本発明の第2の実施例による光合分波器を示す斜視図、図13(b)はその断面図である。

[図14]図14は、本発明の第2の実施例による光合分波モジュールの断面図である。

[図15]図15(a)、図15(b)、図15(c)及び図15(d)は、第2の実施例の光合分波器を製造する工程を説明する図である。

[図16]図16(a)、図16(b)、図16(c)及び図16(d)は、図15の後の工程を説明する図である。

[図17]図17(a)、図17(b)及び図17(c)は、図16の工程に続けて第2の実施例の光合分波モジュールを製作する工程を説明する図である。

[図18]図18(a)は本発明の第3の実施例による光合分波器の構造を示す斜視図、図18(b)はその断面図である。

[図19]図19は、本発明の第3の実施例による光合分波モジュールの断面図である。

[図20]図20(a)、図20(b)、図20(c)、図20(d)及び図20(e)は、第3の実施例の光合分波器の製造方法を説明する工程図である。

[図21]図21は、図20(a)～図20(e)の工程で作製された各部材を積層一体化する工程を説明する図である。

[図22]図22は、裁断して第3の実施例の光合分波器を得る前の段階を示す断面図である。

[図23]図23(a)は本発明の第4の実施例の変形例を示す斜視図、図23(b)はその断面図である。

[図24]図24は、本発明の第5の実施例による光合分波モジュールを示す断面図である。

[図25]図25(a)は本発明の第5の実施例の変形例を示す斜視図、図25(b)はその断面図である。

[図26]図26は、本発明の第6の実施例による光合分波モジュールを示す断面図であ

る。

[図27]図27(a)は本発明の第6の実施例の変形例を示す斜視図、図27(b)はその断面図である。

[図28]図28は、本発明の第7の実施例による光合分波モジュールの断面図である。

[図29]図29は、同上の光合分波モジュールに用いられている光合分波器の分解断面図である。

[図30]図30は、本発明の第8の実施例による光合分波モジュールの断面図である。

[図31]図31は、同上の光合分波モジュールに用いられている光合分波器の分解断面図である。

[図32]図32は、本発明の第9の実施例による光合分波モジュールの断面図である。

[図33]図33は、本発明の第10の実施例による光合分波モジュールの下方から見た斜視図である。

[図34]図34は、同上の光合分波モジュールの断面図である。

[図35]図35は、本発明の第11の実施例による光合分波モジュールを示す断面図である。

[図36]図36は、本発明の第12の実施例による光合分波モジュールを示す断面図である。

[図37]図37は、本発明の第13の実施例による光合分波モジュールを示す断面図である。

[図38]図38は、本発明の第14の実施例による光合分波モジュールを示す断面図である。

[図39]図39は、本発明の第15の実施例による光合分波モジュールを示す断面図である。

[図40]図40は、本発明の第16の実施例による光合分波モジュールを示す斜視図である。

[図41]図41は、同上の光合分波モジュールの断面図である。

[図42]図42は、本発明の第16の実施例の変形例を示す断面図である。

符号の説明

- [0038] 31 スペーサ
32 レンズ支持プレート
33 支持プレート
34 フィルタ
35 支持プレート
36 レンズ支持プレート
37 スペーサ
38 シール部
39 レンズ
40 シール部
41 レンズ
42、43 ファイバアレイ
44 入力用光ファイバ
45a 出力用光ファイバ
45b 出力用光ファイバ
49a、49b ハーフパーツ
50 凹部
51 接着樹脂
52 樹脂流動溝
53 ダイシングブレード
61 フィルタ支持プレート
62 フィルタ支持プレート
63 フレネルレンズ
71 フィルタ層
73 フィルタ
75 フィルタ
77 ミラー
80 ミラー

91 受光部
97 受光素子
100 キャップ
101 ボールレンズ
102 スリーブ
107 フレネルレンズ
115 フレネルレンズ

発明を実施するための最良の形態

[0039] 以下、図面を参照して、本発明の好ましい実施例を詳細に説明する。なお、本発明にかかる光合分波器及び光合分波モジュールは、異なる複数波長の光を含む光信号から各波長の光信号を分波して取り出す分波動作だけでなく、複数波長の光を合波して複数波長の光を含む光信号を作り出す合波動作も行なうが、以下の実施例においては、分波動作のみを説明する。

実施例 1

[0040] 以下、本発明の第1の実施例を図2～図11に従って説明する。

[0041] (実施例1の構成)

図2(a)は本発明の第1の実施例による光合分波器の構成を示す斜視図、図2(b)はその断面図である。この光合分波器301は、図上で上から順次スペーサ31、シール部38及びレンズ39、支持プレート33、フィルタ34、支持プレート35、シール部40及びレンズ41、スペーサ37を積層一体化して構成されており、積層方向に長い直方体状の外観を有している。

[0042] レンズ39は、透明な紫外線硬化型樹脂によって支持プレート33の表面に一体に成形されており、片面が平らな平凸レンズとなっている。同様に、レンズ41も、透明な紫外線硬化型樹脂によって支持プレート35の表面に一体に成形されており、片面が平らな平凸レンズとなっている。

[0043] スペーサ31は、ガラスやプラスチック等の所定厚みの透明な基板によって直方体のブロック状に形成されている。スペーサ31は、使用状態においてはその端面にファイバアレイ等の光通信部品を接続され、その光通信部品とレンズ39との距離を一

定距離に保つ働きをする。

- [0044] 支持プレート33は、ガラスやプラスチック等の所定厚みの透明な基板によって直方体のブロック状に形成されている。支持プレート33の下面には、フィルタ34が設けられ、上面にレンズ39が一体に成形される。従って、支持プレート33はフィルタ34とレンズ39との距離を一定距離に保つ働きをする。なお、フィルタ34を支持プレート33の下面に設けるには、フィルタ34を支持プレート33に接着してもよく、支持プレート33の下面に蒸着によりフィルタ34を形成してもよい。
- [0045] シール部38(突起部)は、支持プレート33の上面外周部に額縁状に形成されている。シール部38の高さは、レンズ39の厚みよりも大きくなっており、レンズ39の周囲を囲んでいる。スペーサ31は、支持プレート33の上面に設けられたシール部38の上面に接着剤によって接合されている。従って、レンズ39は、スペーサ31と支持プレート33の間の空間に納められ、かつ、周囲をシール部38で囲まれており、スペーサ31と支持プレート33とシール部38で囲まれた空間内に気密的に封止されている。
- [0046] フィルタ34(フィルタ部)は、例えば誘電体多層膜によって形成されており、ある波長 λ_1 を含む波長域の光を反射させ、別な波長 λ_2 を含む波長域の光を透過させるフィルタ特性を有している。
- [0047] 支持プレート35は、ガラスやプラスチック等の透明な基板によって直方体のブロック状に形成されている。支持プレート33と支持プレート35は、その間にフィルタ34を挟み込んで一体的に接合されており、下面にはレンズ41が一体的に成形されている。従って、支持プレート35はフィルタ34とレンズ41との距離を一定距離に保つ働きをする。
- [0048] スペーサ37は、ガラスやプラスチック等の透明な基板によって直方体のブロック状に形成されている。スペーサ37は、使用状態においてはその端面にファイバアレイ等の光通信部品を接続され、その光通信部品とレンズ41との距離を一定距離に保つ働きをする。
- [0049] シール部40(突起部)も、支持プレート35の下面外周部に額縁状に形成されている。シール部40の高さは、レンズ41の厚みよりも大きくなっており、レンズ41の周囲を囲んでいる。スペーサ37は、支持プレート35の下面に設けられたシール部40の下

面に接着剤によって接合されている。従って、レンズ41は、スペーサ37と支持プレート35の間の空間に納められ、かつ、周囲をシール部40で囲まれており、スペーサ37と支持プレート35とシール部40で囲まれた空間内に気密的に封止されている。

[0050] 上記のようにシール部38、40は、いずれもレンズ39、41の厚みよりも高くなっているので、シール部38、40にスペーサ31、37を接合したとき、スペーサ31、37がレンズ39、レンズ41に接触することがなく、レンズ39、41に傷がつくことがない。また、レンズ39、41は、シール部38、40の内側に納められていて気密的に封止されているので、レンズは湿気やホコリ等から保護されて結露を生じたりホコリが付着したりすることがなく、耐湿性及び防塵性が向上する。

[0051] ここで、両レンズ39、41は、同じ形状を有する球面又は非球面レンズとなっていて等しい焦点距離を有しており、レンズの中心軸が一致するように配置されている。また、スペーサ31の厚みとスペーサ37の厚みは等しく、支持プレート33の厚みと支持プレート35の厚みも等しくなっている。スペーサ31、37及び支持プレート33、35の厚みと、レンズ39、41の形状は、スペーサ31の露出面の近傍に配置した光ファイバと、スペーサ37の露出面の近傍に配置した光ファイバとが効率よく光学的に結合するように設定されている。

[0052] 図3は上記光合分波器301の両側にファイバアレイ42、43を接続して構成された光合分波モジュール401の断面図である。ファイバアレイ42は、ホルダー47内に2本の光ファイバ(ファイバ心線)44、45aの端部を平行に保持させた2芯タイプのものであり、一方の光ファイバが入力用光ファイバ44、他方の光ファイバが出力用光ファイバ45aとなっている。

[0053] ファイバアレイ43は、ホルダー48内に出力用光ファイバ45bを保持させたものである。ファイバアレイ43としては、1本の出力用光ファイバ45bだけを保持させたものであってもよい。あるいは、ファイバアレイ42と同様に2本の光ファイバを保持させた2芯ファイバアレイを利用し、使用しない一方の光ファイバ46をカットし、他方の光ファイバを出力用光ファイバ45bとして使用してもよい。

[0054] また、レンズ39、41の中心軸は、ファイバアレイ42の光ファイバ44、45a間の中央を通り、光ファイバ44、45aのファイバ中心軸方向に平行な直線と一致させている。

出力用光ファイバ45bは、出力用光ファイバ45aとファイバ中心軸が一致するように調芯されている。従って、入力用光ファイバ44、出力用光ファイバ45a、45bのファイバ中心軸は、レンズ39、41の中心軸から外れた縁の部分を通過している。

[0055] (実施例1の作用)

次に、第1の実施例による光合分波モジュール401における合分波の働きを図3に従って説明する。なお、図3においては、光の進む方向を細線の矢印で表わしている(以下の図面においても同様)。図3に示すように、波長 $\lambda 1$ の光(信号光)と波長 $\lambda 2$ の光(信号光)とが重畳されて入力用光ファイバ44から出射されると、入力用光ファイバ44から出射した波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ の光は、レンズ39の中心軸から外れた位置に入射し、レンズ39によって平行光に変換されると共にその主軸光線の方法を斜めに曲げられる。この平行光に含まれる光のうち波長 $\lambda 1$ の光は、フィルタ34で反射されて戻り、レンズ39の中心軸から外れた位置に入射する。レンズ39に入射した波長 $\lambda 1$ の光は、レンズ39によって出力用光ファイバ45aの端面に集光され、出力用光ファイバ45aに結合される。

[0056] 一方、フィルタ34に入射した光のうち波長 $\lambda 2$ の光は、フィルタ34を透過してレンズ41の中心軸から外れた位置に入射する。レンズ41に入射した波長 $\lambda 2$ の光は、レンズ41によって出力用光ファイバ45bの端面に集光され、出力用光ファイバ45bに結合される。よって、この光合分波モジュール401によれば、入力用光ファイバ44から入射した波長 $\lambda 1$ の光と波長 $\lambda 2$ の光とをフィルタ34で分波させ、それぞれ出力用光ファイバ45aと出力用光ファイバ45bとに結合させることができる。

[0057] なお、上記分波動作とは反対に、光ファイバ45aから波長 $\lambda 1$ の光を入力させ、光ファイバ45bから波長 $\lambda 2$ の光を入力させれば、波長 $\lambda 1$ の光と波長 $\lambda 2$ の光を同時に光ファイバ44の端面に結合させることができ、合波動作を行なうことができる。この場合には、光ファイバ45a、45bが入力用光ファイバとなり、光ファイバ44が出力用光ファイバとなる。(以下の実施例においては、合波動作については説明を省略する。)

[0058] (実施例1の製造方法)

次に、第1の実施例による光合分波器301及び光合分波モジュール401の製造方法を説明する。図4(a)～図4(e)、図5、図6(a)及び図6(b)、図7～図11は光合分

波器301及び光合分波モジュール401の製造工程を表わした工程図である。図4(a)は複数個分の大きさを有する大面積の支持プレート33又は35である。この支持プレート33、35は、透明なガラスウエハ又はプラスチック板からなる。まず、支持プレート33、35の下面全面には、誘電体多層膜等からなるフィルタ34が設けられる(図4(b))。

[0059] ついで、支持プレート33、35の上面に未硬化の透明な紫外線硬化型樹脂を滴下し、これをスタンプで押圧することによって成形し、紫外線硬化型樹脂に紫外線を照射して硬化させ、同時に支持プレート33、35の上面に複数個分のシール部38、40及びレンズ39、41を成形する(図4(c))。

[0060] 図5はこのようにして支持プレート33、35の上に形成されたレンズ39、41とシール部38、40を示す斜視図である。シール部38、40はレンズ39、41の周囲だけでなく、レンズ39、41が形成されている領域以外の領域全体に広がっている。支持プレート33、35の上面に形成されたシール部38、40には、複数の凹部(開口)50が一定ピッチで整然と配置されており、各凹部50を囲むようにしてシール部38、40が格子状に形成され、各凹部50内にレンズ39、41が納められている。シール部38、40の高さは、レンズ39、41の厚みよりも高くなっている。

[0061] ついで、シール部38、40の上にレンズ複数個分の大きさを有するスペーサ31、37を重ねてシール部38、40とスペーサ31、37とを接合させる(図4(d))。なお、このスペーサ31、37も透明なガラスウエハ又はプラスチック板からなるものである。シール部38、40とスペーサ31、37を接着するためには、シール部38、40に接着剤を塗布しなければならないが、接着剤をシール部38、40の上に直接塗布したのでは、接着剤がレンズ39、41に付着してレンズ39、41が汚れる。レンズ39、41の接着剤汚れを防止するためには、レンズ39、41をマスクで覆っておけばよいが、工程が複雑になる。

[0062] そのため、第1の実施例においては、図6(a)及び図6(b)に示すような方法で、シール部38、40とスペーサ31、37の間に接着樹脂51(接着剤)を供給している(この方法は、他の実施例にも適用できる)。すなわち、シール部38、40にスペーサ31、37を重ね合わせた後、図6(a)及び図6(b)に示すように、ディスペンサ等を用いてシ

ール部38、40とスペーサ31、37との間に接着樹脂51を注入し、毛細管現象を利用してシール部38、40とスペーサ31、37の間の空間全体に広げ、シール部38、40だけをスペーサ31、37に接着させている。この結果、各レンズ39、41は、スペーサ31、37と支持プレート33、35及びシール部38、40で囲まれた空間内に閉じ込められ、気密的に封止される。

[0063] なお、接着樹脂51がシール部38、40とスペーサ31、37の間に拡がり易くするためには、図7に示すように、シール部38、40に隣接する領域に樹脂流動溝52を縦横に凹設してもよい。そして、この樹脂流動溝52に接着樹脂51を流し込み、樹脂流動溝52を流れる接着樹脂51が毛細管現象によりシール部38、40とスペーサ31、37との間の隙間に拡がるようにすればよい。

[0064] こうしてスペーサ31、シール部38、レンズ39、支持プレート33及びフィルタ34、あるいは、スペーサ37、シール部40、レンズ41、支持プレート35及びフィルタ34が積層一体化されると、図8に示すように、ダイシングブレード53によりこの積層体を裁断して一個分ずつのハーフパーツ49a、49b(中間部品)に切り分ける(図4(e))。この実施例ではハーフパーツ49aと49bは同じものであるので、それぞれ異なる積層体から切り出してもよく、同じ積層体の一部をハーフパーツ49aとして用い、別な部分をハーフパーツ49bとして用いてもよい。

[0065] こうして、図9に示すように、スペーサ31、シール部38、レンズ39、支持プレート33及びフィルタ34を積層した一個分のハーフパーツ49aと、スペーサ37、シール部40、レンズ41、支持プレート35及びフィルタ34を積層した一個分のハーフパーツ49bとが得られると、ハーフパーツ49aのフィルタ34とハーフパーツ49bのフィルタ34とを接合させて一体化し、図10に示すような光合分波器301を得る。

[0066] ついで、入力用光ファイバ44及び出力用光ファイバ45a、45bをレンズ39及び41の中心軸と調芯しながら、光合分波器301の一方端面に2芯のファイバアレイ42を接合させ、一方の光ファイバをカットした2芯のファイバアレイ43を他方端面に接合させる。この結果、図11に示すような光合分波モジュール401が得られる。なお、この光合分波モジュール401は、図11に示すように、筒状のシース54内に納めてもよい。

[0067] なお、ハーフパーツ49a、49bのダイシング精度が十分でなく、接合させたハーフパーツ49aのレンズ39とハーフパーツ49bのレンズ41との中心軸がずれる恐れがある場合には、スペーサ面から見て視覚的に2枚のレンズ39、41どうしを重ね合わせることでパッシブ接着し、あとは光ファイバ44、45a、45bとの調芯でカバーすればよい。

[0068] (実施例1の効果)

第1の実施例によれば、レンズ39とフィルタ34の平行度は支持プレート33の厚みの均一性によって保証され、レンズ39とファイバアレイ42との距離やレンズ39とフィルタ34の距離などはスペーサ31の厚みや支持プレート33の厚みなどによって精度が得られるので、ファイバアレイ42やファイバアレイ43と光合分波器301との調芯作業が容易になり、調芯精度も向上する。また、上記製造方法のように、スペーサ31や支持プレート33等となるウエハを積層していき、その工程で一括して複数個のレンズ39やレンズ41を形成することにより、複数個のレンズ39、41どうしを一括して中心軸合わせを行なうことができ、調芯作業を容易に行なうことができる。さらに、第1の実施例では、光合分波器301の上半分と下半分とが同じ寸法となっているので、上半分(ハーフパーツ49a)と下半分(ハーフパーツ49b)とを一括して製作することができ、製造工程を簡略にすることができる。

[0069] (変形例)

図12は第1の実施例の変形例を示す断面図である。この光合分波器302にあっては、支持プレート33に凹部を形成することによってシール部38を支持プレート33と一体に形成してあり、支持プレート35に凹部を形成することによってシール部40を支持プレート35と一体に形成している。シール部38、40を一体に形成する方法としては、例えば第4の実施例の製造方法でも述べるように、フォトリソグラフィ技術やエッチング法を用いればよい。

[0070] この変形例では、レンズ39は支持プレート33の凹部に設けられているので、支持プレート33をスペーサ31に接着剤等で接合させることにより、レンズ39は支持プレート33とシール部38とスペーサ31に囲まれた凹部内に気密的に封止される。同様に、レンズ41は支持プレート35の凹部に設けられているので、支持プレート35をス

ペーサ37に接着剤等で接合させることにより、レンズ41は支持プレート35とシール部40とスペーサ37に囲まれた凹部内に気密的に封止される。

実施例 2

- [0071] 次に、第2の実施例による光合分波器を説明する。図13(a)は、第2の実施例による光合分波器303を示す斜視図、図13(b)はその断面図である。第2の実施例では、光合分波器303の上半分と下半分とが異なる寸法となった点を主な特徴としている。スペーサ31、37の厚みはレンズ39、41の焦点距離にほぼ等しくなっているが、支持プレート35の厚みは必ずしもレンズ41の焦点距離に等しくする必要はないので、支持プレート35の厚みをレンズ41の焦点距離よりも短くすることにより、光合分波器303の長さを短くしてコンパクト化している。
- [0072] レンズ39とレンズ41は、同じ形状に形成されていて同じ焦点距離を有している。従って、スペーサ31、37の厚みはほぼ等しくなっている。また、レンズ41の中心軸は互いにずれている。
- [0073] 図14は第2の実施例による光合分波器303を用いた光合分波モジュール403の断面図である。第2の実施例による光合分波モジュール403においても、第1の実施例と同じ原理により、入力用光ファイバ44から入力された波長 $\lambda 1$ の光と波長 $\lambda 2$ の光がフィルタ34で分波され、波長 $\lambda 1$ の光が出力用光ファイバ45aに結合され、波長 $\lambda 2$ の光が出力用光ファイバ45bに結合される。ここで、出力用光ファイバ45bの中心軸は、レンズ41を透過した光が出力用光ファイバ45bに垂直に入射するよう、レンズ41の中心軸とずらせてある。
- [0074] このような光合分波器303又は光合分波モジュール403においては、入力用光ファイバ44から出射された光は、レンズ39の中心軸から外れた位置を透過するので、レンズ39を透過した光はビーム断面が変形している。従って、出力用光ファイバ45bとの結合効率を最良にするためには、このビーム断面をレンズ41で修正する必要があり、そのためレンズ41の形状はレンズ39の形状と同じにしている。さらに、ビーム断面を修正するためには、レンズ39への光の入射位置とレンズ41からの光の出射位置とはレンズの同じ領域でなければならないので、レンズ39の光入射位置とレンズ41の光出射位置が同じになるようにレンズ41の中心軸をレンズ39の中心軸からずら

している。したがって、レンズ41の中心軸は、支持プレート33と支持プレート35の厚み差に対応してずれることになる。

[0075] 次に、第2の実施例による光合分波器303及び光合分波モジュール403の製造方法を説明する。図15(a)～図15(d)、図16(a)～図16(d)及び図17(a)～図17(c)は、第2の実施例による光合分波器303及び光合分波モジュール403の製造方法を説明する工程図である。第2の実施例による光合分波器303は上半分と下半分とが異なる寸法となっているので、第1の実施例のような製造方法では製造できないので、以下のようにして製造している。

[0076] 図15(a)に示す複数個分の大きさを有する大面積の支持プレート33(ガラスウエハ等が用いられる。)の下面全面には、フィルタ34が形成される(図15(b))。ついで、スタンプ法により支持プレート33の上面に、透明な紫外線硬化型樹脂を用いて格子状のシール部38及び複数個のレンズ39を成形する(図15(c))。ついで、シール部38の上に複数個分の大きさを有するスペーサ31(ガラスウエハ等が用いられる。)を重ね、接着剤でシール部38の上面にスペーサ31を接合させる(図15(d))。このとき、シール部38の高さはレンズ39の厚みよりも大きくなっているため、各レンズ39はスペーサ31に接触することがなく、また、各レンズ39はスペーサ31と支持プレート33とシール部38で囲まれた空間に閉じ込められ、気密的に封止される。

[0077] さらに、フィルタ34の下面に複数個分の大きさを有する大面積の支持プレート35(ガラスウエハ等が用いられる。)を接合し(図16(a))、支持プレート35の下面に、透明な紫外線硬化型樹脂を用いて格子状のシール部40及び複数個のレンズ41を成形する(図16(b))。このとき、レンズ41がレンズ39に対して支持プレート33と支持プレート35の厚み差に対応したズレを持つようにして、レンズ41を成形する。ついで、シール部40の下面に複数個分の大きさを有するスペーサ37(ガラスウエハ等が用いられる。)を重ね、接着剤でシール部40の下面にスペーサ37を接合させる(図16(c))。このとき、シール部40の高さはレンズ41の厚みよりも大きくなっているため、各レンズ41はスペーサ37に接触することがなく、また、各レンズ41はスペーサ37と支持プレート35とシール部40で囲まれた空間に閉じ込められ、気密的に封止される。

[0078] こうしてスペーサ31、シール部38、レンズ39、支持プレート33、フィルタ34、支持

プレート35、シール部40、レンズ41及びスペーサ37が積層一体化されると、ダイサーにより積層体を裁断して一個分ずつの光合分波器303に切り離し(図16(d))、個々の光合分波器303を得る(図17(a))。ついで、入力用光ファイバ44及び出力用光ファイバ45aをレンズ39の中心軸と調芯しながら、光合分波器303の一方端面に2芯のファイバアレイ42を接合させ、出力用光ファイバ45bをレンズ41の中心軸と調芯しながらファイバアレイ43を光合分波器303の他方端面に接合させる。

[0079] しかし、第2の実施例においても、支持プレート33の両面にフィルタ34とレンズ39を形成しているため、フィルタ34とレンズ39の平行度や距離を正確に得ることができ、ファイバアレイ42等を接続するときの調芯作業を容易に行なうことができる。また、2つのレンズ39、41を積層体に一緒に作り込んでいるため、レンズ39、41どうしの中心軸合わせも容易に行なえ、しかも、複数個分のレンズ39、41の中心軸合わせも一括して行なうことができ、調芯作業を容易にすることができる。

[0080] なお、第2の実施例において説明した光合分波器の製造方法(図15～図17)は、第2の実施例のような構造の光合分波器303の製造方法に限らず、第1の実施例のような構造の光合分波器301の製造にも適用することができる。

実施例 3

[0081] 次に、第3の実施例による光合分波器の構造を説明する。図18(a)は第3の実施例による光合分波器304の構造を示す斜視図、図18(b)はその断面図である。第3の実施例においては、支持プレート35の厚みを薄くして光合分波器304をコンパクト化しており、さらに、支持プレート33をレンズ支持プレート32とフィルタ支持プレート61とに分割し、レンズ支持プレート32と支持プレート35とを同じ形状にしてウエハ段階における部品の共通化を図っている。

[0082] この実施例においては、レンズ39は、透明なレンズ支持プレート32の上面の中央部に成形されており、レンズ支持プレート32の上面にレンズ39を囲むようにして額縁状のシール部38が一体に形成されている。また、レンズ41は、透明な支持プレート35の下面の中央からずれた位置に成形されており、支持プレート35の下面にはレンズ41を囲むようにして額縁状のシール部40が一体に形成されている。また、フィルタ支持プレート61の下面には、フィルタ34が貼り合わせられている。この場合には、レ

レンズ支持プレート32のレンズ形成領域の厚みとフィルタ支持プレート61の厚みの和(つまり、支持プレート33の厚み)がレンズ39の焦点距離にほぼ等しくなるようにしている。

[0083] この実施例でも、レンズ39とレンズ41は同じ形状に形成されていて等しい焦点距離を有している。また、レンズ41の中心軸は、支持プレート33と支持プレート35の厚み差に応じてレンズ39の中心軸からずれている。

[0084] 図19は第3の実施例による光合分波器304を用いた光合分波モジュール404の断面図である。第3の実施例による光合分波モジュール404においても、第2の実施例と同じ原理により、入力用光ファイバ44から入力された波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ の光がフィルタ34で分波され、フィルタ34で反射された波長 $\lambda 1$ の光が出力用光ファイバ45aに結合され、フィルタ34を透過した波長 $\lambda 2$ の光が出力用光ファイバ45bに結合される。

[0085] 次に、第3の実施例による光合分波器304の製造方法を説明する。図20(a)～図20(e)、図21及び図22は、第3の実施例による光合分波器304の製造方法を説明する工程図である。図20(a)は複数個分の大きさを有するガラスウエハ等からなるレンズ支持プレート32又は支持プレート35を表わしている。まず、このレンズ支持プレート32、支持プレート35の表面には、格子状をしたシール部38、40で囲まれた凹部50がフォトリソグラフィ技術やエッチング法により形成される(図20(b))。

[0086] ついで、レンズ支持プレート32又は支持プレート35の凹部50内にレンズ支持プレート32又は支持プレート35よりも融点の低いガラス材料を供給し、溶融させたガラス材料をその表面張力で球面状に成形して(溶融法)各凹部50内にレンズ39、41を作製する(図20(c))。

[0087] 一方、図20(d)に示す複数個分の大きさを有する大面積のフィルタ支持プレート61(ガラスウエハ等を用いる。)の下面全面には、フィルタ34を貼り合わせる(図20(e))。ついで、図21に示すように、下から大面積のスペーサ37、レンズ41を成形された大面積の支持プレート35、フィルタ34を設けられたフィルタ支持プレート61、レンズ39を成形されたレンズ支持プレート32、スペーサ31を順次重ね合わせ、接着剤で接合して積層一体化し、複数個分の光合分波器304を一度に製作する。このとき、各レ

レンズ39、41は凹部50内に気密的に封止される。また、レンズ39を形成されたレンズ支持プレート32とレンズ41を形成された支持プレート35とは同じものであるが、支持プレート35はレンズ支持プレート32に対して所定量だけずらせて積層される。ついで、図22に一点鎖線で示したカットラインに沿ってこれをダイサーにより一個分ずつ裁断して個々の光合分波器304を得る

- [0088] しかし、第3の実施例によっても、レンズ39とフィルタ34の平行度はレンズ支持プレート32とフィルタ支持プレート61の厚みの均一性によって保証され、レンズ39とファイバアレイ42との距離やレンズ39とフィルタ34との距離などはスペーサ31の厚みやレンズ支持プレート32及びフィルタ支持プレート61の厚みなどによって精度が得られるので、ファイバアレイ42やファイバアレイ43と光合分波器304との調芯作業が容易になり、調芯精度も向上する。また、上記製造方法のように、スペーサ31やレンズ支持プレート32、フィルタ支持プレート61等となるウエハを積層していき、その工程で一括して複数のレンズ39、41を形成することにより、複数のレンズ39、41どうしを一括して軸芯調整することができ、調芯作業を容易に行なうことができる。また、この実施例では、レンズ支持プレート32及びレンズ39と、支持プレート35及びレンズ41とが同じ形状及び寸法を有しているので、部品点数を減らすことができ、光合分波器304のコストダウンを図ることができる。

実施例 4

- [0089] 次に、第4の実施例による光合分波器の構造を説明する。図23(a)は第4の実施例による光合分波器305の構造を示す斜視図、図23(b)はその断面図である。第4の実施例においては、支持プレート33をレンズ支持プレート32とフィルタ支持プレート61とに分割してレンズ支持プレート32にレンズ39を設けている。また、フィルタ支持プレート61の下面にはフィルタ34が形成されており、フィルタ34の下面に成形品のレンズ41及びシール部40を接着剤35aにより一体に接着している。
- [0090] この実施例においては、レンズ39は、透明なレンズ支持プレート32の上面の中央部に形成されており、レンズ支持プレート32の上面にレンズ39を囲むようにして額縁状のシール部38が一体に形成されている。また、レンズ41は、フィルタ34の下面の中央からずれた位置に接着されており、フィルタ34の下面にはレンズ41を囲むように

して額縁状のシール部40が接着されている。この実施例でも、レンズ39とレンズ41は同じ形状に形成されていて等しい焦点距離を有している。また、レンズ41の中心軸は、支持プレート33と接着剤35aの厚み差に応じてレンズ39の中心軸からずれている。

実施例 5

[0091] 次に、本発明の第5の実施例による光合分波器を説明する。図24は第5の実施例による光合分波器306を用いた光合分波モジュール406の断面図である。ここで用いられている光合分波器306は、スペーサ31、レンズ39を成形されたレンズ支持プレート32、フィルタ34を形成されたフィルタ支持プレート61を上から順次積層したものである。光合分波モジュール406は、光合分波器306の上面にファイバアレイ42を接続して構成されている。光合分波器306の下面にもファイバアレイを接続してもよく、あるいは、フィルタ34に対向させて受光部などを配置してもよい。

[0092] しかし、この第5の実施例にあつては、入力用光ファイバ44から出射された波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ の光は、レンズ39を透過してフィルタ34に入射し、波長 $\lambda 1$ の光はフィルタ34で反射されて出力用光ファイバ45aに結合される。また、フィルタ34を透過した波長 $\lambda 2$ の光はそのまま平行光として出射される。

[0093] かかる実施例によれば、レンズ39を設けるレンズ支持プレート32とフィルタ34を形成するフィルタ支持プレート61とが別々のプレート(ウエハ)となっているので、製造工程が容易になる。また、レンズ1つで構成しているので、光合分波器306の長さを短くでき、光合分波器306の小型化を図ることができる。

[0094] 図25(a)は本発明の第5の実施例の変形例を示す斜視図、図25(b)はその断面図である。この光合分波器307は実施例5と同様な構造であるが、一枚ものの支持プレート33の下面にフィルタ34を設けると共に上面にレンズ39とシール部38を形成している。

実施例 6

[0095] 次に、本発明の第6の実施例による光合分波器を説明する。図26は第6の実施例による光合分波器308を用いた光合分波モジュール408の断面図である。ここで用いられている光合分波器308は、第5の実施例による光合分波器306の下面、すな

わちフィルタ34の外面にフレネルレンズ63を貼り付けたものである。

[0096] しかして、この第6の実施例にあっても、入力用光ファイバ44から出射された波長 λ 1、 λ 2の光は、レンズ39を透過してフィルタ34に入射し、波長 λ 1の光はフィルタ34で反射されて出力用光ファイバ45aに結合される。また、フィルタ34を透過した波長 λ 2の光はフレネルレンズ63で集光されながら出射される。

[0097] かかる実施例によれば、フィルタ34に直接フレネルレンズ63を貼り合わせているので、光合分波器306の長さを長くすることなく、フィルタ側からの出射光を集光させることができる。また、フレネルレンズ63を用いているので、出射光が集光され、かつ、光線出射先のデバイスとの接続が容易になる。

[0098] 図27(a)は実施例6の変形例による光合分波器309の斜視図、図27(b)はその断面図であって、フィルタ34の下面に、上記フレネルレンズ63に代えて、球面状又は非球面状のレンズ41を備えた支持プレート35を接合させたものである。

実施例 7

[0099] 次に、本発明の第7の実施例による光合分波器を説明する。図28は第7の実施例による光合分波器310を用いた光合分波モジュール410の断面図である。図29は光合分波器310の分解断面図である。この光合分波器310は、スペーサ31、レンズ39を成形された支持プレート33、フィルタ層71、レンズ41を成形された支持プレート35、スペーサ37を積層して一体化したものである。そして、光合分波器310の上面に2芯のファイバアレイ42を接続し、下面に2芯のファイバアレイ43を接続することによって光合分波モジュール410が構成されている。ファイバアレイ42は、入力用光ファイバ44と出力用光ファイバ45aを保持しており、両光ファイバ44、45aの中央がレンズ39の中心軸と一致するように配置されている。ファイバアレイ43は、出力用光ファイバ45bと出力用光ファイバ45cを保持しており、両光ファイバ45b、45cの中央がレンズ41の中心軸と一致するように配置されている。また、レンズ39とレンズ41は、その中心軸が互いに横方向にずれるように配置されている。

[0100] フィルタ層71は、図29に示すように、矩形状をした同じ厚みのフィルタブロック72とフィルタブロック74を横に並べて構成されており、フィルタブロック72の上面にはフィルタ73が形成され、フィルタブロック74の側面にはフィルタ75が形成されている。従

って、フィルタ73とフィルタ75とは、互いに直角に配置されている。ここで、フィルタ73は、入力用光ファイバ44から入射する光の波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ のうち、波長 $\lambda 1$ を中心とする波長域の光を反射させ、波長 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ を中心とする波長域の光を透過させるものである。フィルタ75は、波長 $\lambda 2$ を中心とする波長域の光を反射させ、波長 $\lambda 3$ を中心とする波長域の光を透過させるものである。そして、フィルタ73、75は、レンズ39を透過してレンズ41に向かう光の光路中に位置させられている。

- [0101] しかし、第7の実施例による光合分波器410にあつては、図28に示すようにして入射光の合分波動作を行なう。この光合分波モジュール410にあつては、入力用光ファイバ44から入力された波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ の光は、レンズ39で平行光化された後、フィルタ73に入射する。フィルタ73に入射した光のうち、波長 $\lambda 1$ の光はフィルタ73で反射されてレンズ39に入射し、出力用光ファイバ45aに結合される。
- [0102] 一方、フィルタ73を透過した波長 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ の光はフィルタ75に入射し、波長 $\lambda 2$ の光はフィルタ75で反射されてレンズ41に入射し、出力用光ファイバ45cに結合される。また、フィルタ75に入射した光のうち、波長 $\lambda 3$ の光はフィルタ75を透過してレンズ41に入射し、出力用光ファイバ45bに結合される。
- [0103] 従つて、この光合分波モジュール410によれば、入力用光ファイバ44から入射した3つの波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ の光を分波させて各出力用光ファイバ45a、45b、45cから出力させることができる。しかも、フィルタ73を形成されたフィルタブロック72と、フィルタ75を形成されたフィルタブロック74を横に並べて2つのフィルタ73、75が互いに直角に配置されたフィルタ層71を構成しているので、フィルタ層71を精度良く簡単に製作することができる。

実施例 8

- [0104] 次に、本発明の第8の実施例による光合分波器を説明する。図30は本発明の第8の実施例による光合分波器311を用いた光合分波モジュール411の断面図である。図31はその光合分波器の分解断面図である。この光合分波器311は、スペーサ31、レンズ39を成形された支持プレート33、フィルタ層71、レンズ41を成形された支持プレート35、スペーサ37を積層して一体化したものである。そして、光合分波器311の上面に2芯のファイバアレイ42を接続し、下面に2芯のファイバアレイ43を接続す

ることによって光合分波モジュール411が構成されている。この光合分波モジュール411は、第7の実施例による光合分波モジュール405とほぼ同様な構成を有しているが、フィルタ層71の構造が異なっている。

[0105] フィルタ層71は、図31に示すように、下面にフィルタ73を有するフィルタブロック72、下面にフィルタ75を有するフィルタブロック74、下面にミラー77を形成されたブロック76、透明ブロック78、側面にミラー80を形成されたブロック79、透明ブロック81を組み合わせ構成されている。従って、フィルタ73、75とミラー77は互いに平行に配置され、ミラー80はこれらに直角に配置されている。ここでも、フィルタ73は、入力用光ファイバ44から入射する波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ の光のうち、波長 $\lambda 1$ を中心とする波長域の光を反射させ、波長 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ を中心とする波長域の光を透過させるものである。フィルタ75は、波長 $\lambda 2$ を中心とする波長域の光を反射させ、波長 $\lambda 3$ を中心とする波長域の光を透過させるものである。なお、ミラー77、80に代えて波長 $\lambda 2$ の波長域の光を反射させるフィルタを用いても差し支えない。

[0106] しかし、第8の実施例による光合分波器411にあつては、図30に示すようにして入射光の分波動作を行なう。この光合分波モジュール411にあつては、入力用光ファイバ44から入力された波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ の光は、レンズ39で平行光化された後、フィルタ73に入射する。フィルタ73に入射した光のうち、波長 $\lambda 1$ の光はフィルタ73で反射されてレンズ39に入射し、出力用光ファイバ45aに結合される。

[0107] 一方、フィルタ73を透過した波長 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ の光はフィルタ75に入射し、波長 $\lambda 2$ の光はフィルタ75で反射され、さらにミラー77及び80で反射されてレンズ41に入射し、出力用光ファイバ45cに結合される。また、フィルタ75に入射した光のうち、波長 $\lambda 3$ の光はフィルタ75を透過してレンズ41に入射し、出力用光ファイバ45bに結合される。

[0108] 従って、この光合分波モジュール411によれば、入力用光ファイバ44から入射した3つの波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ の光を分波させて各出力用光ファイバ45a、45b、45cから出力させることができる。

実施例 9

[0109] 次に、本発明の第9の実施例による光合分波モジュールを説明する。図32は第9

の実施例による光合分波モジュール412の断面図である。この光合分波モジュール412は、光合分波モジュールを複数個分一体にしてアレイ化したものである。図32の図示例では、レンズ支持プレート32及びフィルタ支持プレート61からなる支持プレート33と、レンズ支持プレート36及びフィルタ支持プレート62からなる支持プレート35との間にフィルタ34を挟み込み、レンズ支持プレート32にレンズ39を成形してその上にスペーサ31を接合させ、レンズ支持プレート36にレンズ41を成形してその下にスペーサ37を接合させた光合分波器を複数個横一列に並べた構造となっている。また、図示例では、一種類のフィルタ34を設けているが、領域毎にフィルタ34の特性を異ならせれば、特性の異なる光合分波モジュールを一体化させてアレイ化することができる。

- [0110] また、このような構造の光合分波モジュール412では、レンズ39、41が形成されているレンズ支持プレート32、36とフィルタ34が形成されるフィルタ支持プレート61、62が別々になっているので、ウエハを片面加工するだけでよく、製造工程が簡単になる。また、上半分と下半分とが対称となっているので、部材の共用性も高い。

実施例 10

- [0111] 次に、本発明の第10の実施例による光合分波モジュールを説明する。図33は第10の実施例による光合分波モジュール413の下方から見た斜視図である。図34はその光合分波モジュール413の断面図である。この光合分波モジュール413は、第1の実施例(変形例)で説明した光合分波器302の上面と下面にそれぞれ、偶数本の光ファイバ84a、84b、…からなるファイバケーブル82と、偶数本の光ファイバ85a、85b、…からなるファイバケーブル83を接続したものである。ファイバケーブル82、83は、円筒状をした芯材86の周囲に偶数本の光ファイバ84a、84b、…;85a、85b、…を円環状に配列して固定したものである。このファイバケーブル82、83は、その中心がレンズ39、41の中心軸と一致するように配置されている。

- [0112] しかし、この光合分波モジュール413にあっては、いずれかの光ファイバ、例えば光ファイバ84aから波長 λ_1 と波長 λ_2 の光が入力されると、レンズ39を透過した光は、平行光となってフィルタ34に入射する。フィルタ34に入射した光のうち、波長 λ_1 の光はフィルタ34で反射されて元のレンズ39を透過し、同じファイバケーブル82のうち

の光ファイバ84aと反対側に位置する光ファイバ、例えば光ファイバ84nに結合される。一方、フィルタ34を透過した光は、レンズ41を透過して反対側のファイバケーブル83のいずれかの光ファイバ、例えば光ファイバ85nに結合される。

[0113] このような構造の光合分波モジュール413によれば、多数本の光ファイバ84a、84b、…のうちいずれの光ファイバから波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ の光を入力させてもよく、複数本の光ファイバから同時に波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ の光を入力させてもよい。また、反対側の光ファイバ85a、85b、…から波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ の光を入力させても分波動作を行なわせることができる。また、合波動作を行なわせることもできる。

[0114] 従って、この実施例によれば、一对のレンズによって多数の波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ の光を分波させることができ、一对のレンズを有する1つの光合分波器302によって光合分波モジュール413をアレイ化させることが可能になる。

実施例 11

[0115] 次に、本発明の第11の実施例による光合分波モジュール414を説明する。図35は第11の実施例による光合分波モジュール414を示す断面図である。この光合分波モジュール414に用いられている光合分波器306は、第5の実施例で説明したレンズ1個のものである。光合分波器306の上面には、2芯のファイバアレイ42が接続されており、光合分波器306の下部はスリーブ102を介してキャンタイプの受光部91に接続されている。

[0116] 受光部91においては、金属製のベース92の上に設けられた電極パッド96の上面にフォトダイオード等の受光素子97がダイボンドされており、受光素子97と端子ピン98とはボンディングワイヤ99によって接続されている。ベースの92の上面は金属製のキャップ100によって覆われており、キャップ100の中央部に設けられた開口にはボールレンズ101が保持されている。また、ベース92の下面には、電極パッド96や端子ピン98等に導通した端子93、94、95が設けられている。

[0117] 受光部91は、スリーブ102の下部に設けられた凹所103に垂直に嵌め込んで位置決め状態で固定されており、光合分波器306は、スリーブ102の上部に斜めに設けられた保持部104内に挿入されて保持されている。光合分波器305は、下面から出射される波長 $\lambda 2$ の光の主軸光線の方向が受光素子97の受光面に垂直となるように

斜めに保持されている。

[0118] しかし、この光合分波モジュール414では、入力用光ファイバ44から出射された波長 λ_1 、 λ_2 の光は、フィルタ34で分波されて波長 λ_1 の光は出力用光ファイバ45aに結合される。一方、波長 λ_2 の光はフィルタ34を透過して光合分波器306の下面から外部へ出射される。光合分波器306は、波長 λ_2 の光の主軸光線の方向が受光素子97の受光面に垂直となるように傾斜させて配置されているので、フィルタ34を通して出射された波長 λ_2 の光はボールレンズ101の中央に垂直入射し、ボールレンズ101で集光されて受光部91の中央部に配置されている受光素子97で効率よく受光される。

[0119] このような実施例によれば、光合分波器306と受光部91とがスリーブ102を介して結合されて一体化されているので、全体のサイズを小型化することができる。

実施例 12

[0120] 次に、第12の実施例による光合分波モジュールを説明する。図36は第12の実施例による光合分波モジュール415の構造を説明する断面図である。この光合分波モジュール415に用いられている光合分波器315は、第4の実施例で説明した光合分波器305からスペーサ37を除いたものであり、第4の実施例と類似した構造となっている。レンズ41は、厚みの薄い支持プレート35に成形したものを支持プレート35と共にフィルタ34に接合させている。但し、レンズ41は光合分波器315の中心からずれた位置に設けられており、従って、レンズ41の中心軸は、光合分波器314の中心に設けられているレンズ39の中心軸とずれた位置にある。光合分波器315の上面には、2芯のファイバアレイ42が接続されており、光合分波器315の下部はスリーブ102を用いて受光部91に垂直に接続されている。

[0121] 受光部91は、スリーブ102の下部の凹所103に垂直に挿入されており、光合分波器314はスリーブ102の上部に垂直に設けられた保持部105に挿入されており、光合分波器302の下面は受光部91の上面に当接している。よって、レンズ41は支持プレート35と受光部91とスリーブ102で囲まれており、ホコリなどが付着しにくくなっている。また、光合分波器315の中心軸と受光部91の中心軸とが一致するように組み立てられているが、受光素子97は受光部91の中心からずれた位置に配置されて

いる。

- [0122] しかし、この光合分波モジュール415にあつては、入力用光ファイバ44から出射された波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ の光は、フィルタ34で分波されて波長 $\lambda 1$ の光は出力用光ファイバ45aに結合される。一方、フィルタ34を透過した波長 $\lambda 2$ の平行光はレンズ41によって集光されて受光部91内に入射する。しかも、レンズ41の位置が光合分波器314の中心からずれているので、レンズ41を通過した光は、受光部91の中央に位置している受光素子97に集光される。

実施例 13

- [0123] 次に、第13の実施例による光合分波モジュールを説明する。図37は第13の実施例の光合分波モジュール416の構造を説明する断面図である。この光合分波モジュール416に用いられている光合分波器306は、第5の実施例で説明したものである。光合分波器306の上面には、2芯のファイバアレイ42が接続されており、光合分波器306の下部はスリーブ102を用いて受光部91に垂直に接続されている。また、受光部91の開口窓にはフレネルレンズ107が嵌め込まれており、フレネルレンズ107の中心軸は受光部91の中心から偏心している。受光素子97は受光部91の中心からずれた位置に配置されている。

- [0124] 受光部91は、スリーブ102の下部の凹所103に垂直に挿入されており、光合分波器306はスリーブ102の上部に垂直に設けられた保持部105に挿入されており、凹所103内の上面は受光部91の上面に当接している。

- [0125] しかし、この光合分波モジュール416にあつては、入力用光ファイバ44から出射された波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ の光はフィルタ34で分波され、フィルタ34で反射した波長 $\lambda 1$ の光は出力用光ファイバ45aに結合される。一方、フィルタ34を透過した波長 $\lambda 2$ の平行光はフィルタ34を透過して光合分波器306の下面から出射される。この実施例では、レンズとして厚みの薄いフレネルレンズ107を用いることによってフレネルレンズ107をできるだけフィルタ34に近接させており、波長 $\lambda 2$ の光が光合分波器306の中心から大きく外れないうちにフレネルレンズ107で主軸光線の方角を曲げ、受光部91の中央に設けられた受光素子97に集光させている。

実施例 14

[0126] 次に、第14の実施例による光合分波モジュールを説明する。図38は第14の実施例による光合分波モジュール417の構造を説明する断面図である。この光合分波モジュール417に用いられている光合分波器306は、第5の実施例で説明したものである。光合分波器306の上面には、2芯のファイバアレイ42が接続されており、光合分波器306の下部は受光部91に接続されている。

[0127] この受光部91は専用品であって、開口窓106が設けられたキャップ100よりも上方へ向けて筒部108が延出されている。光合分波器306の下部は筒部108内に垂直に挿入されて固定されている。

[0128] しかし、この光合分波モジュール417にあつては、入力用光ファイバ44から出射された波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ の光はフィルタ34で分波され、フィルタ34で反射した波長 $\lambda 1$ の光は、レンズ39で集光されて出力用光ファイバ45aに結合される。一方、フィルタ34を透過した波長 $\lambda 2$ の平行光は、受光部91の開口窓106を通過して受光部91内に入り、受光素子97によって受光される。

[0129] この実施例では、フィルタ34と受光素子97との間にレンズが設けられていないので、フィルタ34から斜めに出射された平行光が中心から大きく外れないうちに受光素子97で受光させる必要がある。従って、できるだけフィルタ34と受光素子97の距離は短いことが望ましく、キャップ100の高さを低くしておくことが好ましい。また、フィルタ34の中心から斜めに出射された平行光を受光素子97で受光させるためには、ある程度受光素子97の面積を大きくすると共に受光素子97を受光部91の中心から外れた位置に配置するのが望ましい。

[0130] あるいは、受光部91の中心に配置された受光素子97で効率よく受光させようとするれば、より受光面積の大きな受光素子を用いる方法、光合分波器306を受光部91の中心軸からずらせて接続する方法などを用いてもよい。

実施例 15

[0131] 次に、第15の実施例による光合分波モジュールを説明する。図39は第15の実施例による光合分波モジュール418の構造を説明する断面図である。この光合分波モジュール418に用いられている光合分波器318は、第5の実施例で説明した光合分波器306と同様な構成を有するものであるが、スペーサ31の厚みがレンズ39の焦点

距離よりも長くなっており、入力用光ファイバ44から出射された光がレンズ39を通過すると、フィルタ34の位置で集光されるようになっている。

[0132] しかし、この光合分波モジュール417にあつては、入力用光ファイバ44から出射された波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ の光はフィルタ34の位置に集光され、フィルタ34で分波される。フィルタ34で反射した波長 $\lambda 1$ の光は、拡散しながらレンズ39に入射し、レンズ39で集光されて出力用光ファイバ45aに結合される。

[0133] 一方、フィルタ34と受光素子97との距離が短くなっているため、フィルタ34を透過した波長 $\lambda 2$ の光は、あまり大きく広がらないうちに受光部91内に入って受光素子97で受光される。よって、フィルタ34と受光素子97との間にレンズが存在しなくても、受光部91の中央に配置された受光素子97で効率よく受光される。

実施例 16

[0134] 次に、第16の実施例による光合分波モジュールを説明する。図40は第16の実施例による光合分波モジュール419の構造を説明する断面図である。図41はこの光合分波モジュール419の断面図である。この光合分波モジュール419は、光合分波器319を受光部91に直接接合させることによって、より一層の小型化を図ったものである。ここで用いられている光合分波器319は、図12に示した光合分波器302からスペーサ37を除いた構造となっている。入力用光ファイバ44と出力用光ファイバ45aの距離を接近させ、レンズ39、41も小さくすることによって光合分波器319の小型化を図っており、光合分波器319は受光部91に比べて小さなサイズに形成されている。光合分波器319は、その中心軸を受光部91の中心軸から少しずらせた状態で、その下面を受光部91の開口部の上面に接着剤を用いて接合されている。また、光合分波器319の上面には2芯のファイバケーブル111が接続されている。ファイバケーブル111は、入力用光ファイバ44と出力用光ファイバ45aを内皮112と外皮113で被覆したものであり、外皮113の先端部を剥がして露出させた内皮112の先端面を受光部91の上面に接着している。

[0135] このような構造によれば、光合分波器319を受光部91に直接接合させているので、スリーブ102等が必要なくなり、部品点数を削減すると共に光合分波モジュール419を非常に小さくすることができる。また、ファイバケーブル111を光合分波器319に直

接に接続することによっても小型化を図ることができる。

[0136] 図42は第16の実施例の変形例を示す断面図である。この光合分波モジュール420では、上記第16の実施例による光合分波器319からさらに支持プレート35とレンズ41を除いた光合分波器320を用いている。その代わりに、受光部91の開口窓106にフレネルレンズ115を設けている。このような変形例によれば、光合分波器320をより一層小型化できるので、光合分波モジュール420を小型化できる。

[0137] なお、製造方法については、第1～3の実施例についてのみ説明したが、第4の実施例以下の実施例についても、第1～3の実施例と同様な方法で製造することができる。また、第11の実施例以下では、光合分波器を受光部に接続した場合を説明したが、受光部に代えて発光部に光合分波器を接続することもできる。

請求の範囲

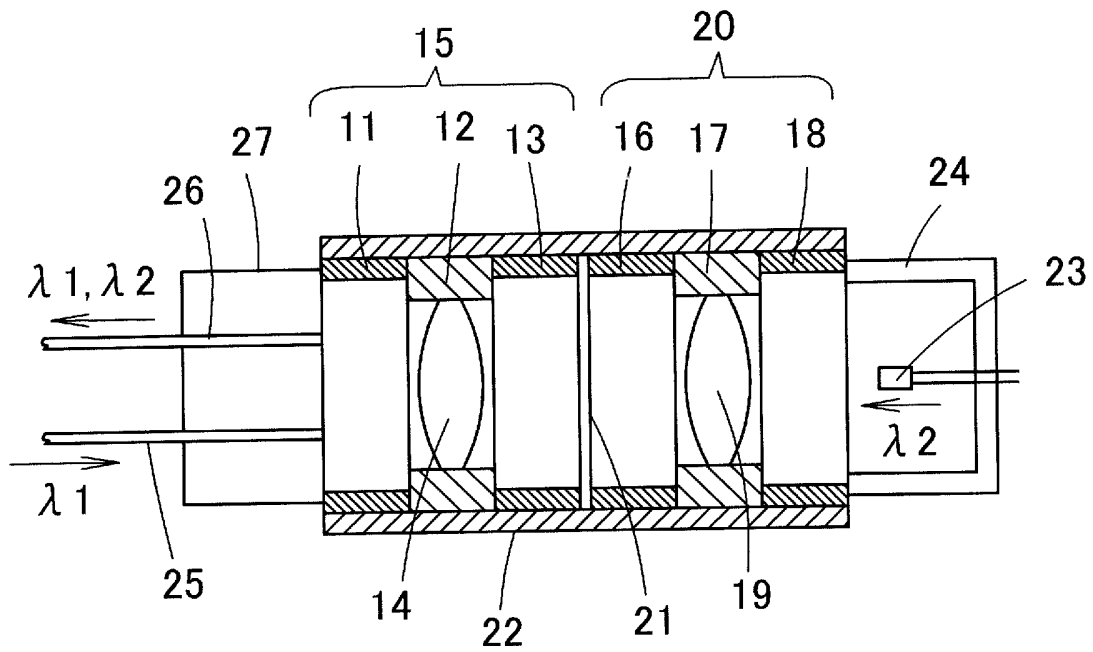
- [1] 透明な支持プレート的一方の面にフィルタ部を設け、前記支持プレートの前記フィルタ部と反対側の面にレンズを一体に成形し、前記レンズを挟んで前記支持プレートに透明なスペーサを接合させたことを特徴とする光合分波器。
- [2] 前記フィルタ部の外面に、前記レンズとは別なレンズを配設した、請求項1に記載の光合分波器。
- [3] 透明な一対の支持プレートの上にフィルタ部を挟み込み、各支持プレートの前記フィルタ部と反対側の面にそれぞれレンズを一体に成形し、前記各レンズを挟んで前記各支持プレートにそれぞれ透明なスペーサを接合させたことを特徴とする光合分波器。
- [4] 前記支持プレートに前記レンズの厚みよりも高く突出した突起部を設けた、請求項1又は3に記載の光合分波器。
- [5] 前記レンズを囲むように前記突起部が前記レンズの周囲に形成され、前記レンズが前記支持プレートと前記突起部と前記スペーサによって囲まれた空間内に封止された、請求項4に記載の光合分波器。
- [6] 前記各レンズは、同じ形状をしたレンズであることを特徴とする、請求項2又は3に記載の光合分波器。
- [7] 前記各レンズは互いに中心軸がずれていることを特徴とする、請求項6に記載の光合分波器。
- [8] 前記フィルタ部に対応して、前記フィルタ部とほぼ平行な面内に複数のレンズを設けた、請求項1又は3に記載の光合分波器。
- [9] 前記フィルタ部が、互いに直角に配置された2つのフィルタを有し、入射した3つの波長域の光のうち第1の波長域の光を一方のフィルタで反射させて外部へ取り出し、一方のフィルタを透過した第2及び第3の波長域の光のうち第2の波長域の光を他方のフィルタに透過させて外部へ取り出すと共に、第3の波長域の光を他方のフィルタで反射させて外部へ取り出すようにした、請求項3に記載の光合分波器。
- [10] 前記フィルタ部が、互いに平行に配置された2つのフィルタと光反射面とを有し、入射した3つの波長域の光のうち第1の波長域の光を一方のフィルタで反射させて外部へ

取り出し、一方のフィルタを透過した第2及び第3の波長域の光のうち第2の波長域の光を他方のフィルタに透過させて外部へ取り出すと共に、第3の波長域の光を他方のフィルタと前記光反射面で反射させて第2の波長域の光と同じ側から外部へ取り出すようにした、請求項3に記載の光合分波器。

- [11] 請求項1又は3に記載の光合分波器の一方端部を発光部又は受光部に接続させ、前記光合分波器の他方端面に複数本の光ファイバからなるファイバアレイを接続したことを特徴とする光合分波モジュール。
- [12] フィルタ側端面から平行光を出射させるようにした請求項1に記載の光合分波器を用い、前記光合分波器のフィルタ側端部を、開口部にレンズを備えた受光部に傾きを持たせた状態で取り付けしたことを特徴とする光合分波モジュール。
- [13] 請求項1に記載の光合分波器のフィルタ側端部を受光部に取り付け、前記フィルタに向けて入力された光をフィルタ近傍において集光させ、この光が大きく広がらないうちに前記受光部で受光させるようにしたことを特徴とする光合分波モジュール。
- [14] 請求項2又は3に記載の光合分波器の一方端部を、その中心軸と発光部又は受光部の中心とをずらした状態で、発光部又は受光部に取り付けしたことを特徴とする光合分波モジュール。
- [15] 請求項3に記載の光合分波器の両端面にそれぞれ、複数本の光ファイバからなるファイバアレイを接続させたことを特徴とする光合分波モジュール。
- [16] 請求項1に記載の光合分波器の一方端面、若しくは請求項3に記載の光合分波器の一方端面又は両端面に、複数本の光ファイバを円環状に配列させたファイバアレイを接続させたことを特徴とする光合分波モジュール。
- [17] 請求項1に記載の光合分波器を製造するための方法であって、
前記支持プレートとなる第1のウエハの一方の面に前記フィルタ部を設け、第1のウエハの他方の面に複数個の前記レンズを成形し、レンズ全体を挟みこむようにして第1のウエハに前記スペーサとなる第2のウエハを貼り合わせた後、
第1及び第2のウエハの間に複数個のレンズを挟みこんだ前記積層体をダイシングにより裁断して個々の光合分波器を製作することを特徴とする光合分波器の製造方法。

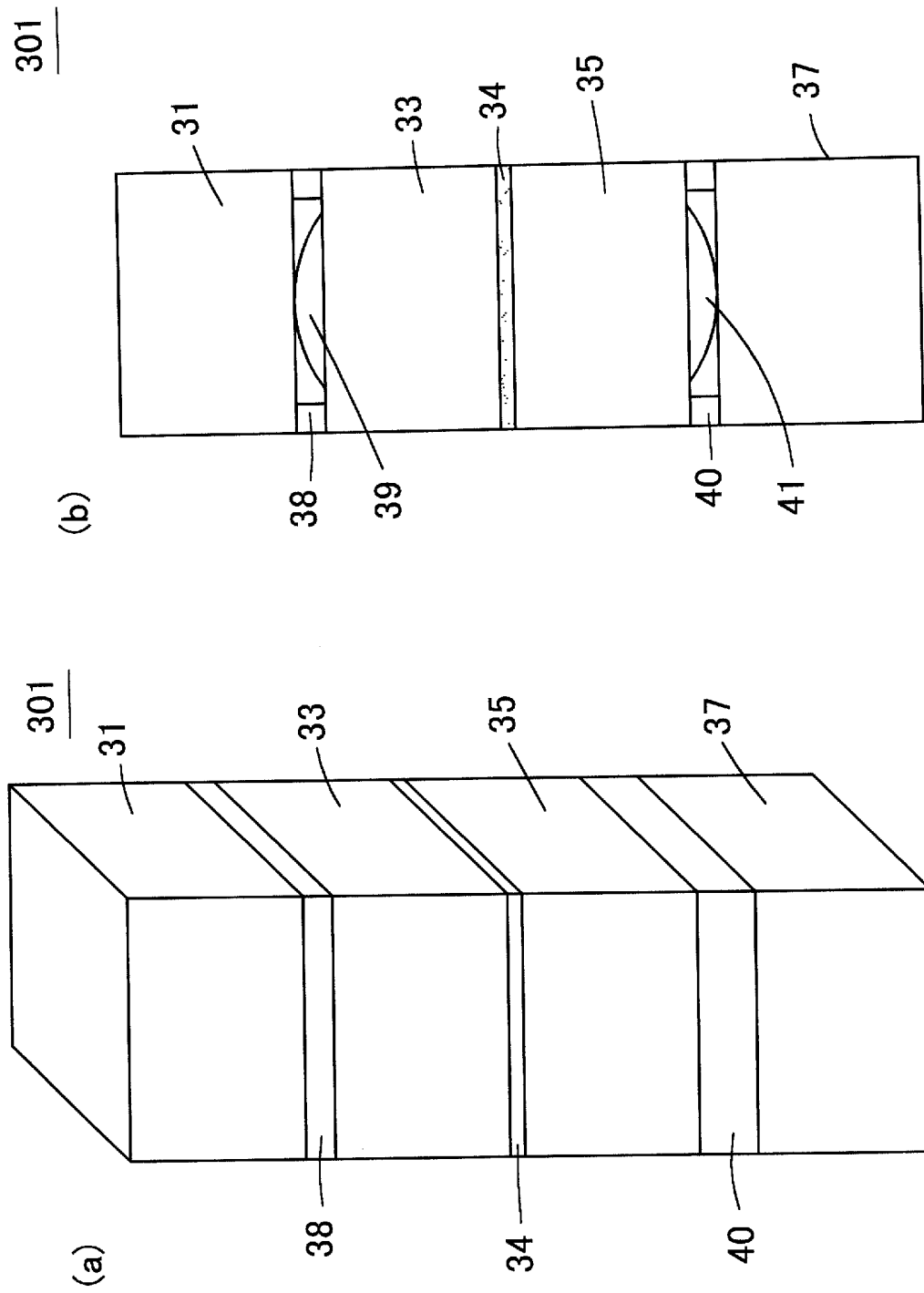
- [18] 請求項3に記載の光合分波器を製造するための方法であって、
前記支持プレートとなる第1のウエハの一方の面に前記フィルタ部を設けると共に
第1のウエハの他方の面に複数個の前記レンズを成形し、レンズを介して第1のウエハの上に前記スペーサとなる第2のウエハを接合し、前記フィルタ部を介して前記第1のウエハに前記支持プレートとなる別な第1のウエハを接合し、前記別な第1のウエハの露出面に複数個の別な前記レンズを成形し、別な前記レンズを介して別な第1のウエハに前記スペーサとなる別な第2のウエハを接合して積層体を形成した後、
前記積層体をダイシングにより裁断して個々の光合分波器を製作することを特徴とする光合分波器の製造方法。
- [19] 請求項3に記載の光合分波器を製造するための方法であって、
前記支持プレートとなる第1のウエハの一方の面に前記フィルタ部を設け、第1のウエハの他方の面に複数個の前記レンズを成形し、レンズ全体を挟みこむようにして第1のウエハに前記スペーサとなる第2のウエハを貼り合わせた後、
第1及び第2のウエハの間に複数個のレンズを挟みこんだ前記積層体をダイシングにより裁断して中間部品を作製し、当該中間部品のフィルタ部を設けられた面どうしを接合させることによって個々の光合分波器を製作することを特徴とする光合分波器の製造方法。
- [20] 前記レンズは、紫外線硬化型樹脂を使用した成形プロセスによって成形することを特徴とする、請求項17、18又は19に記載の光合分波器の製造方法。
- [21] 第2のウエハを第1のウエハに接合する際には、第1のウエハの表面にレンズの厚みよりも高い突起部を形成しておき、当該突起部に第2のウエハを接合させることを特徴とする、請求項17、18又は19に記載の光合分波器の製造方法。
- [22] 前記レンズを成形された第1のウエハに第2のウエハを接合する際には、毛細管現象を利用して前記突起部と第2のウエハとの間に接着剤を供給することを特徴とする、請求項21に記載の光合分波器の製造方法。
- [23] 第1のウエハの前記突起部と隣接する個所に、第1のウエハと第2のウエハを接合させる接着剤を供給するための溝を形成しておくことを特徴とする、請求項22に記載の光合分波器の製造方法。

[図1]

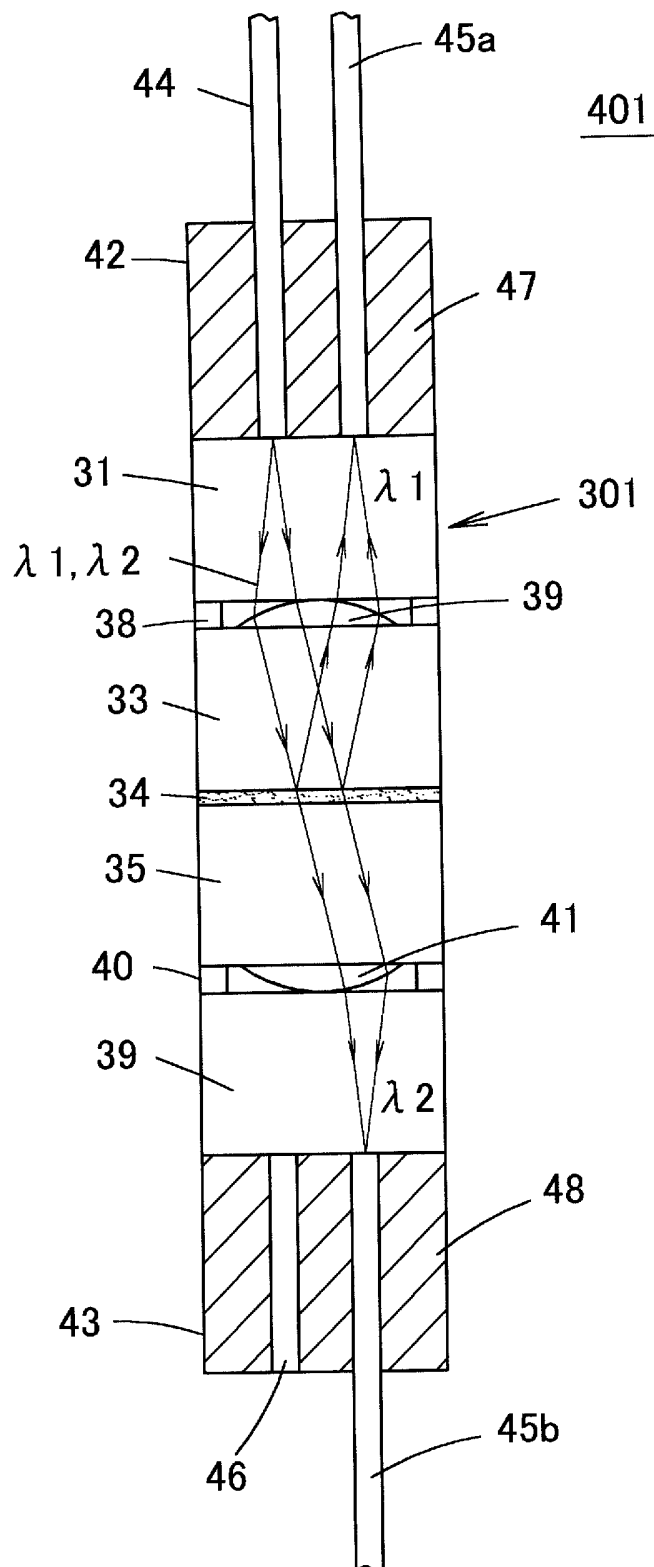
201

(PRIOR ART)

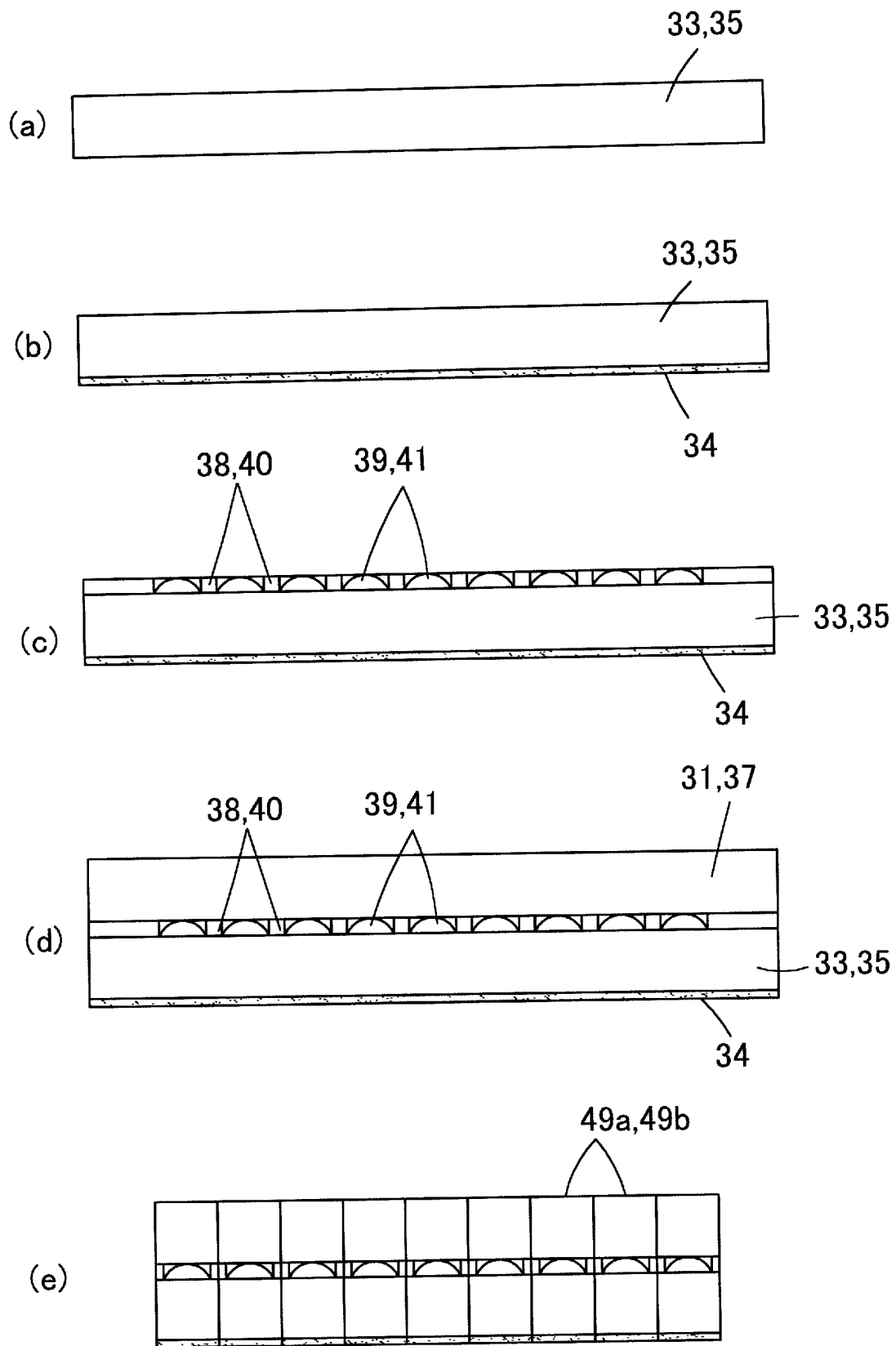
[図2]



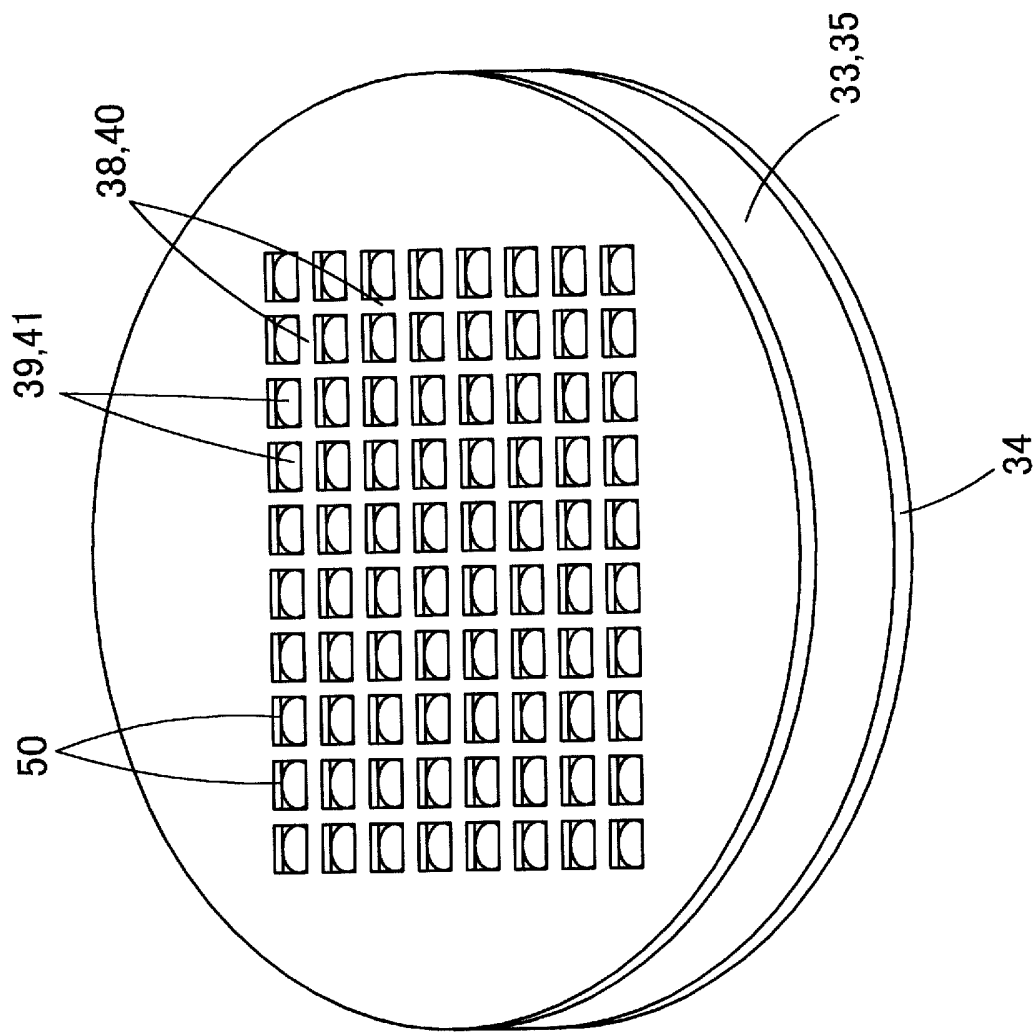
[図3]



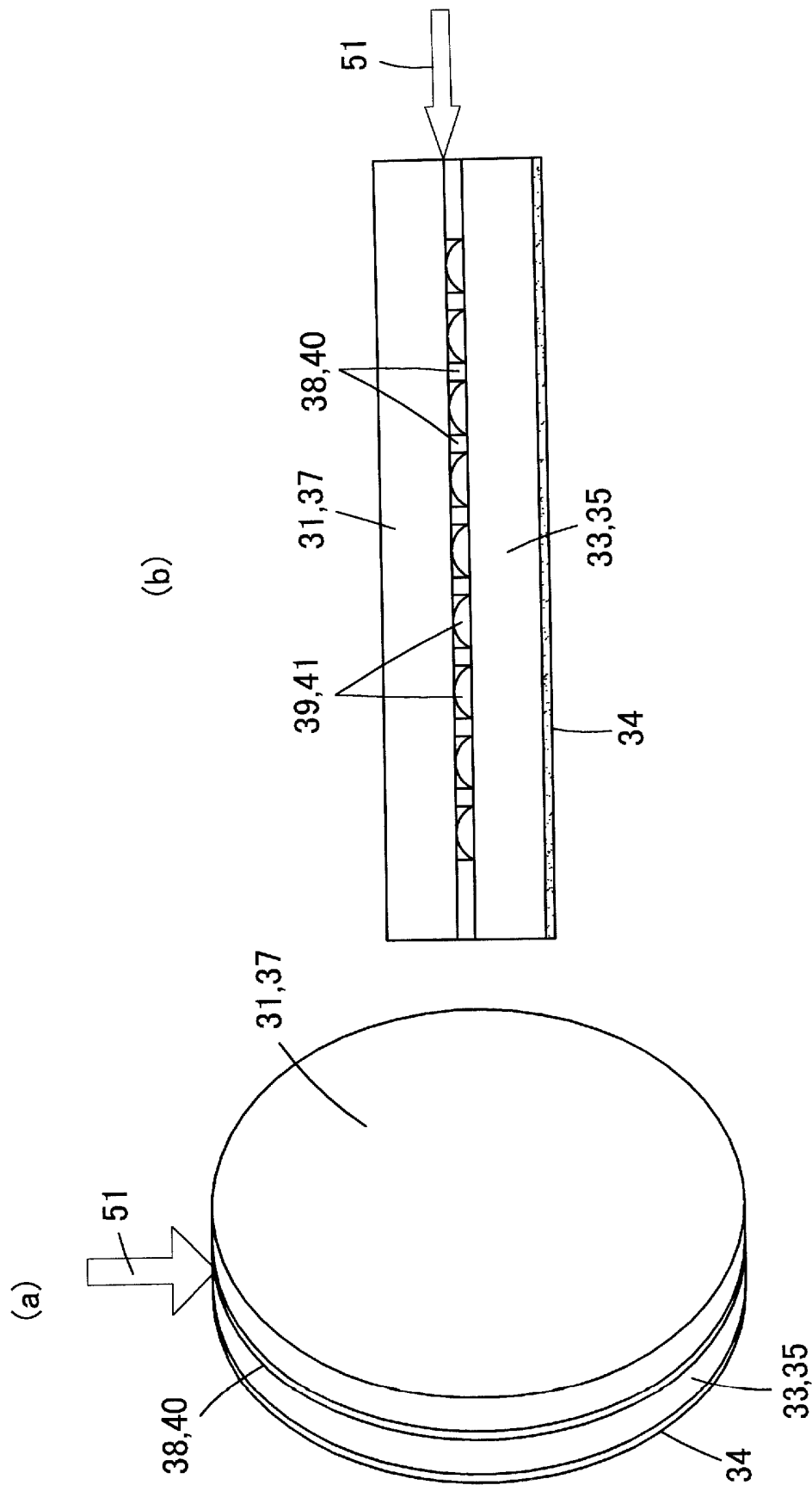
[図4]



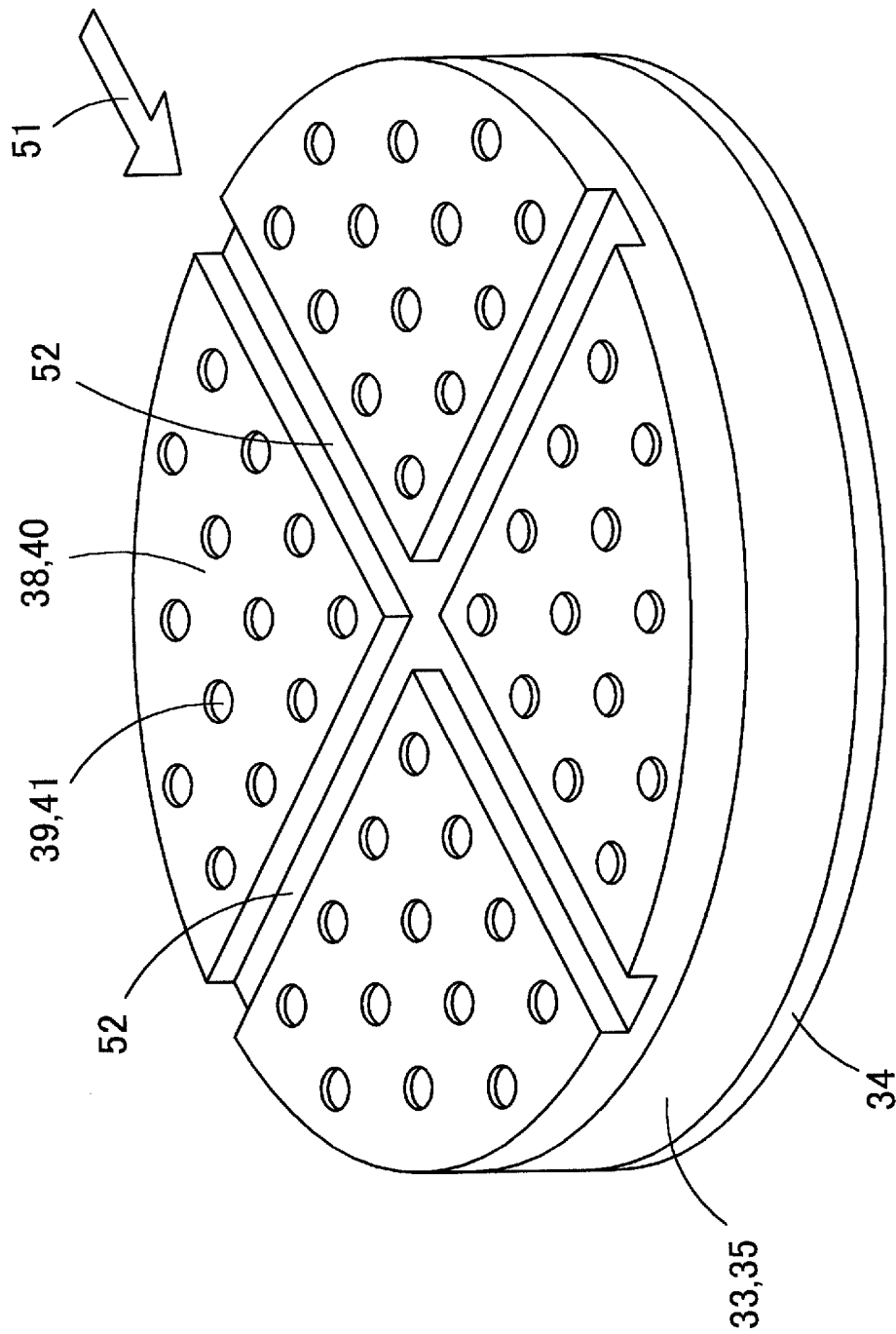
[図5]



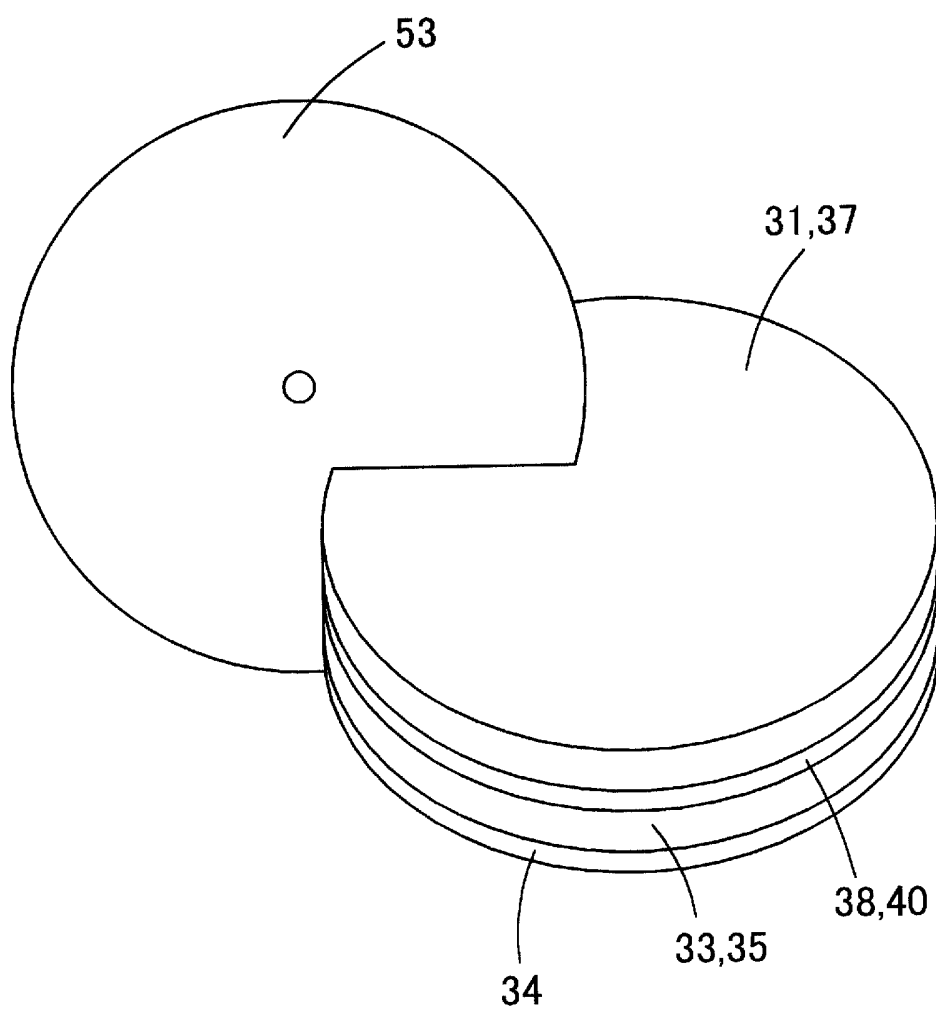
[図6]



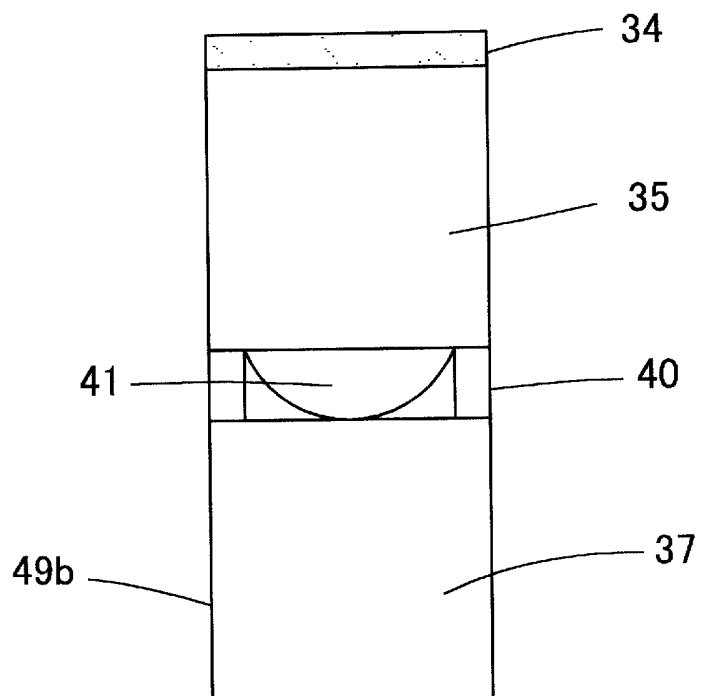
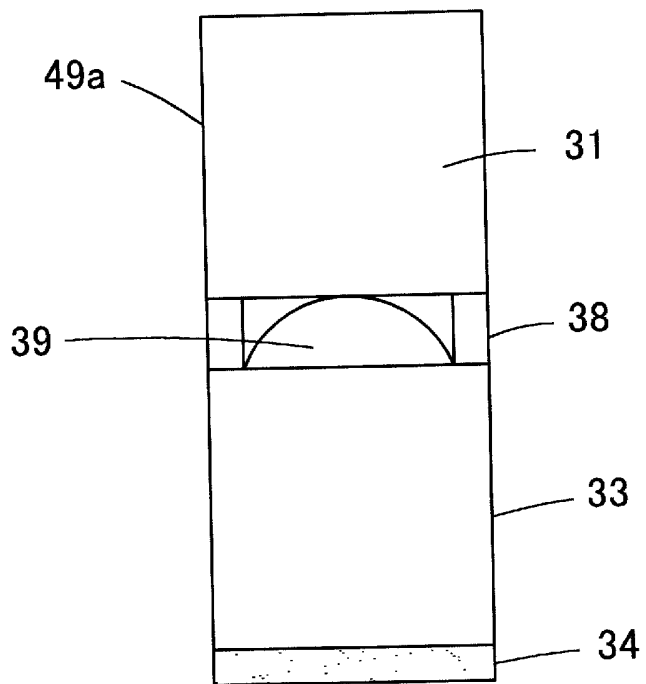
[図7]



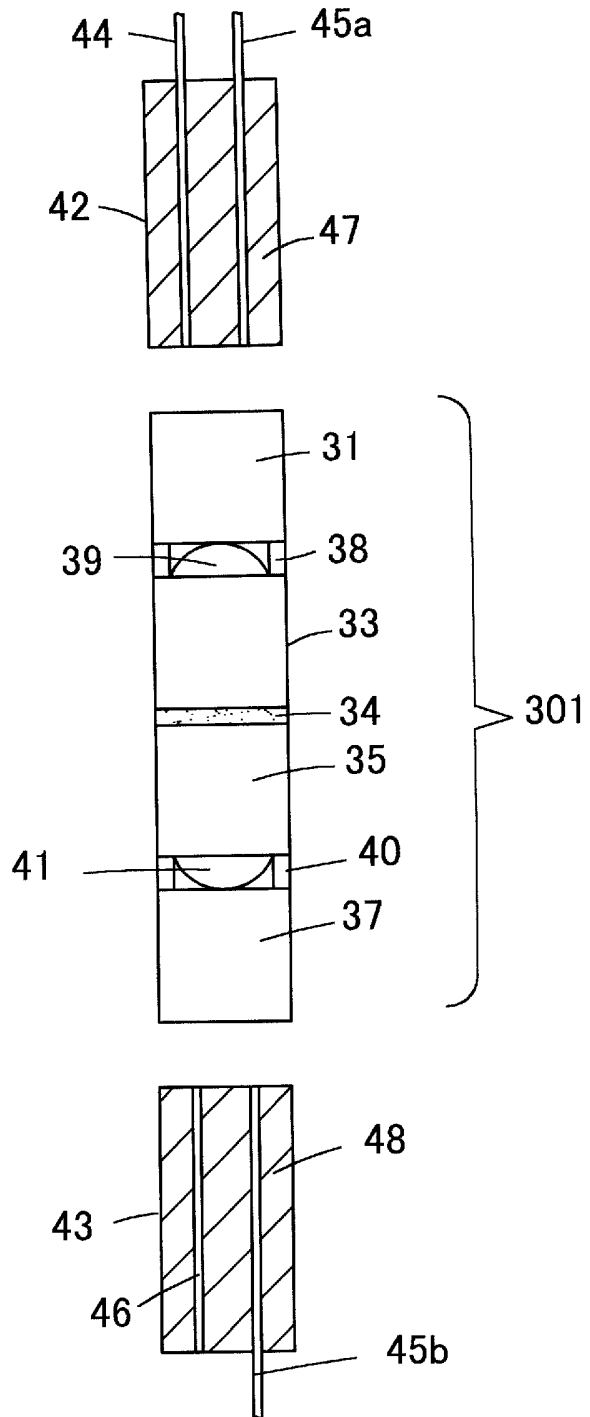
[図8]



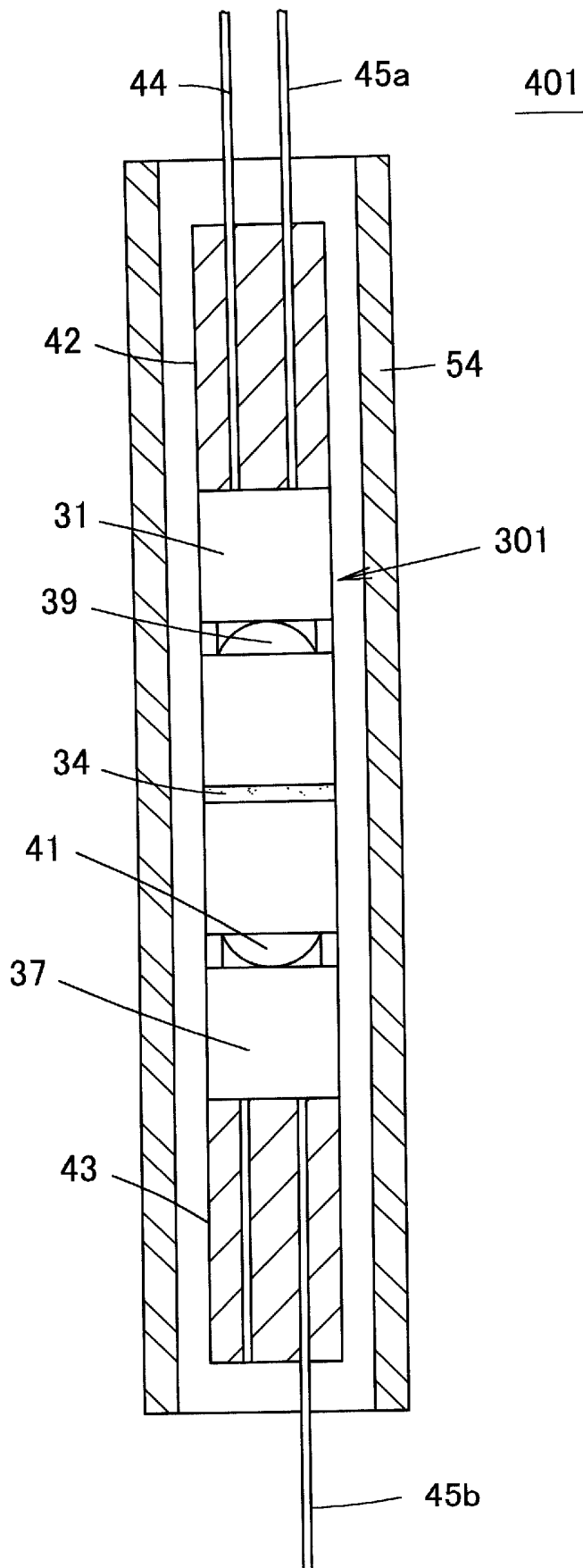
[図9]

301

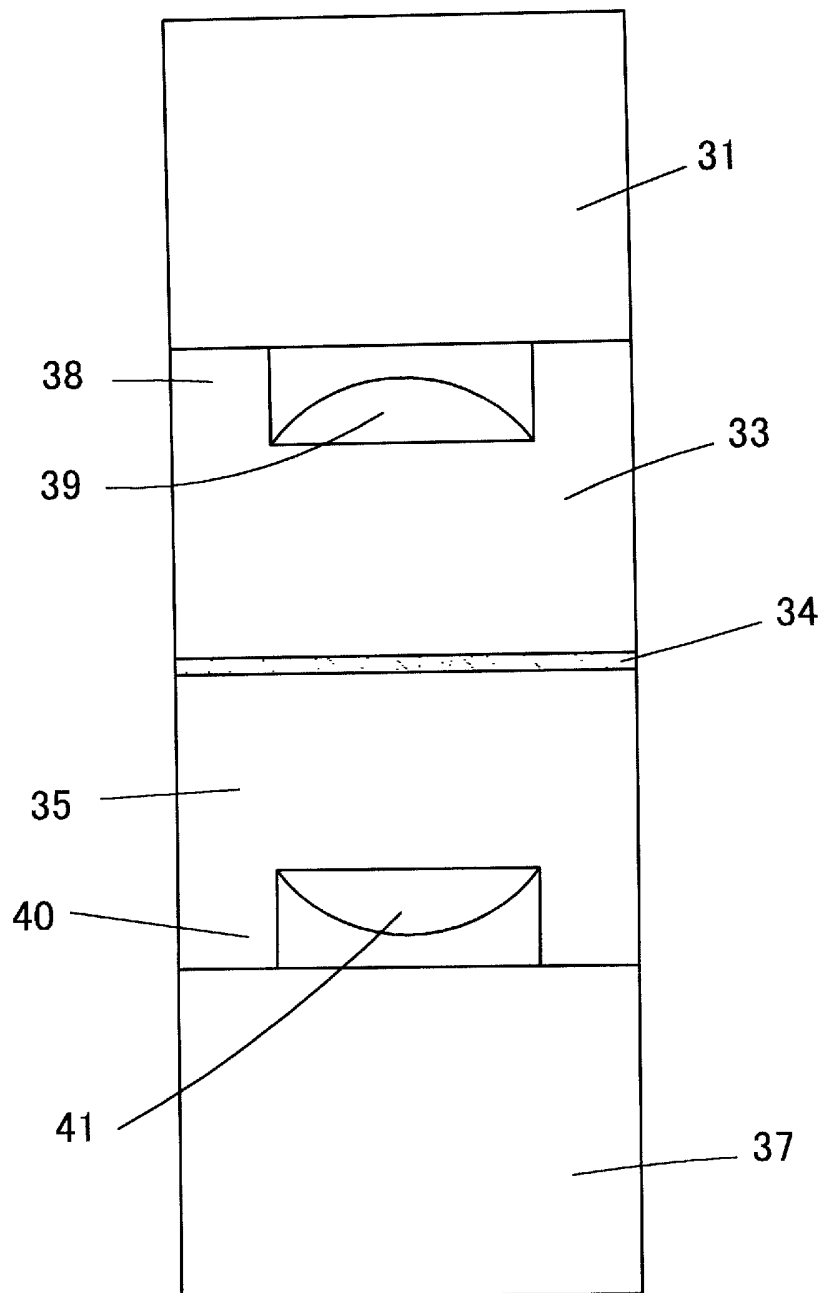
[図10]

401

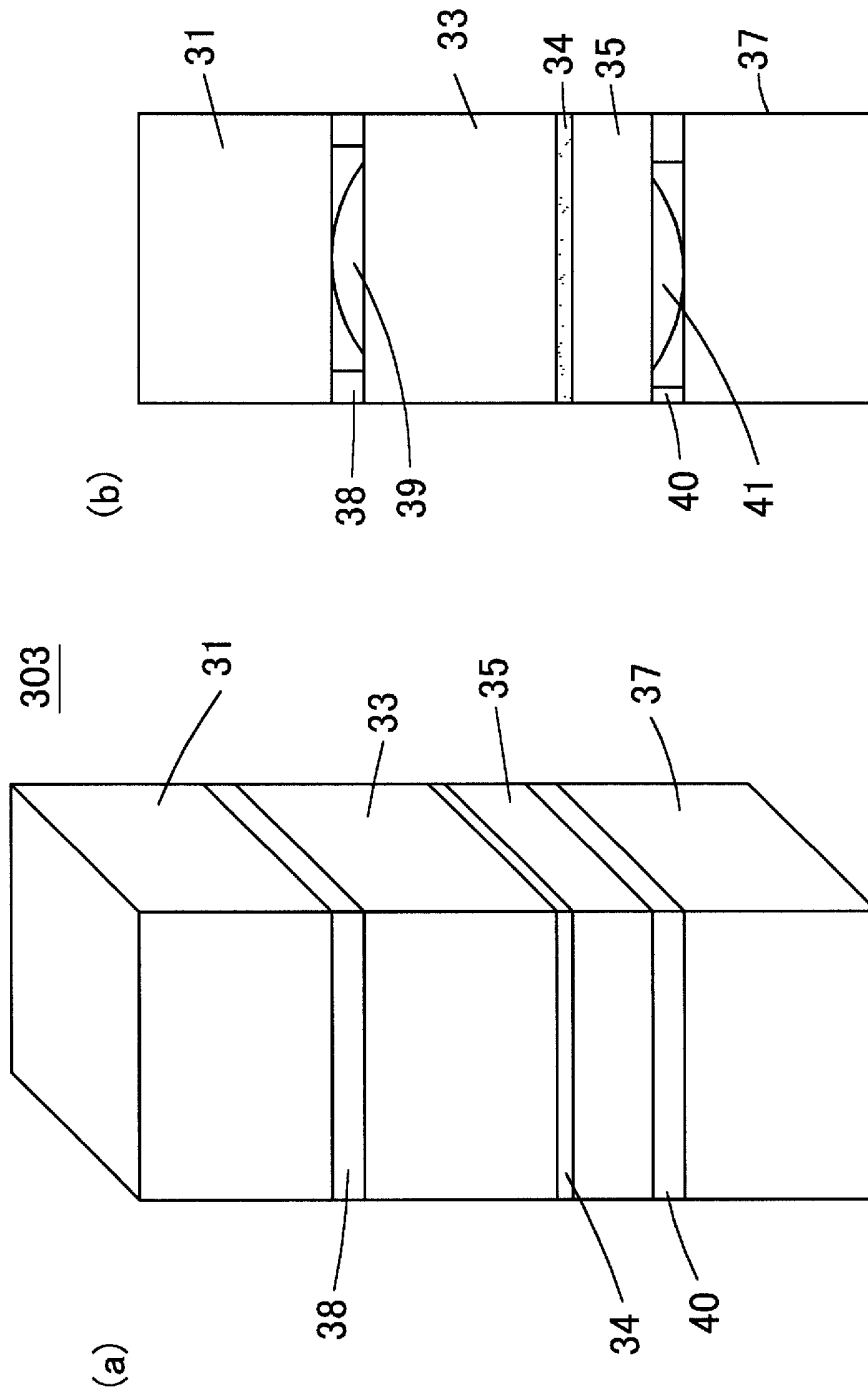
[図11]



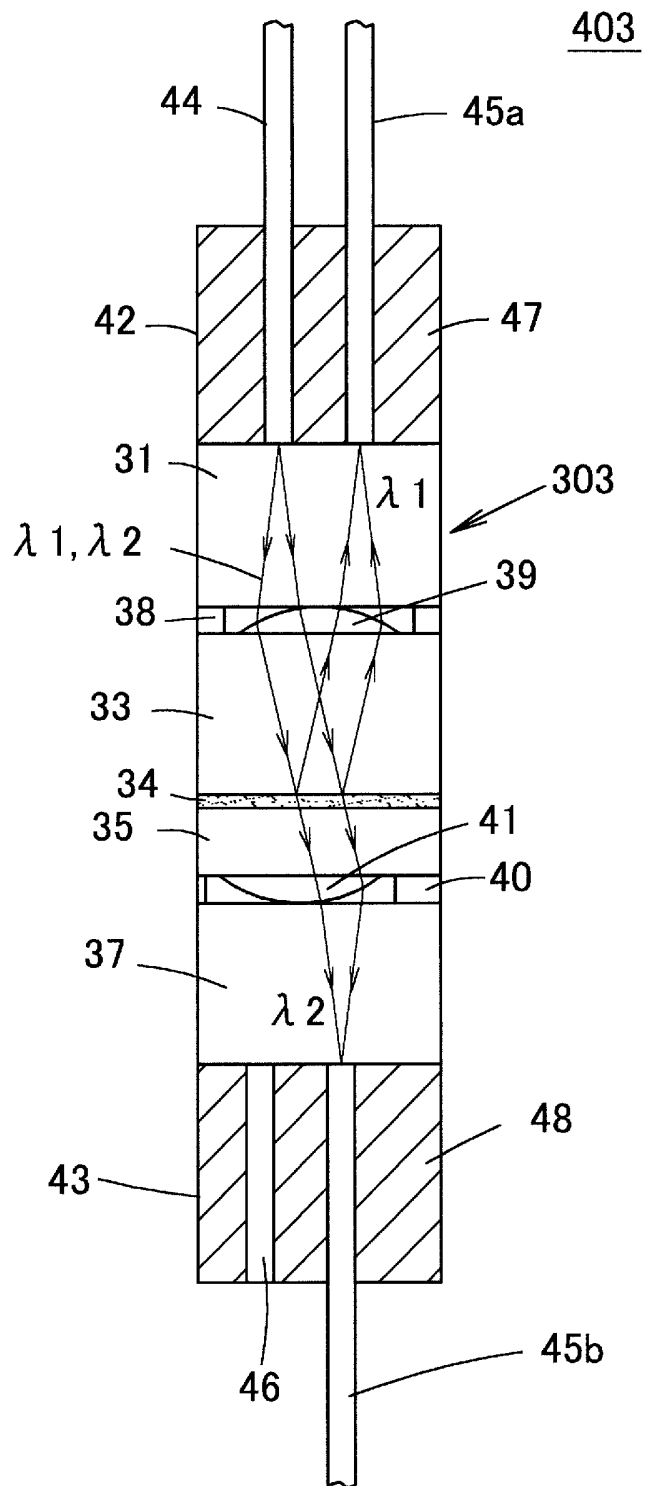
[図12]

302

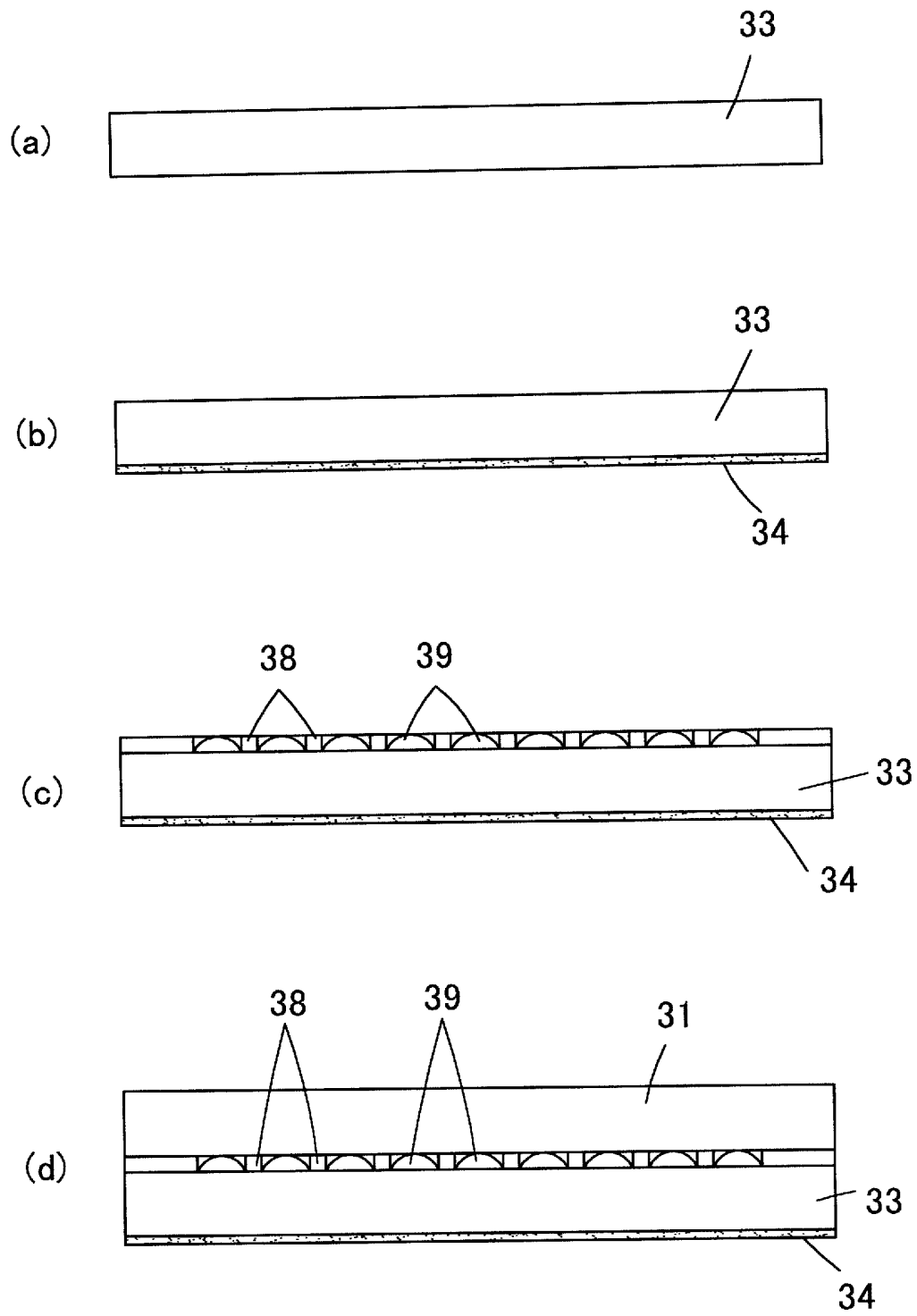
[図13]

303

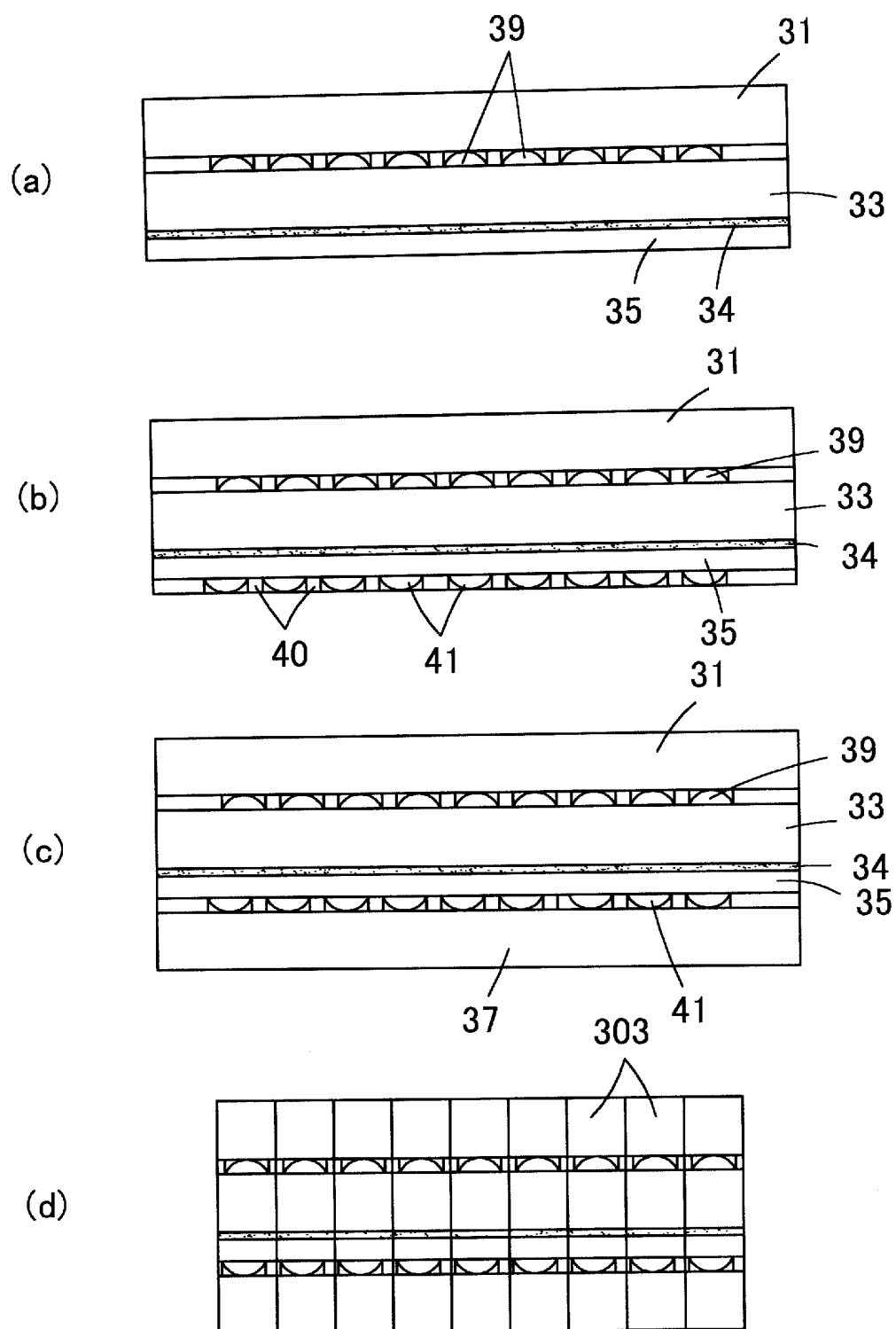
[図14]



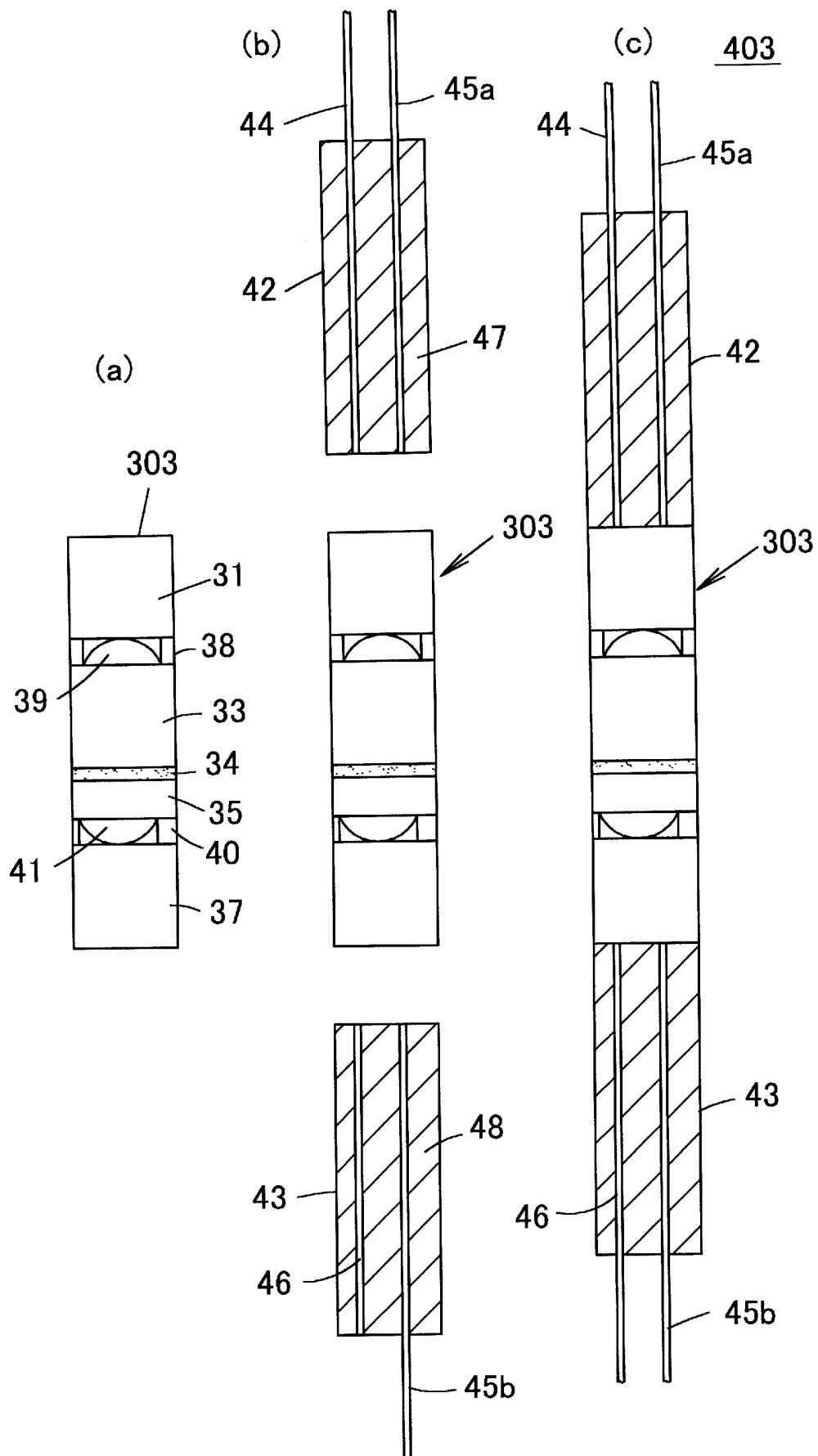
[図15]



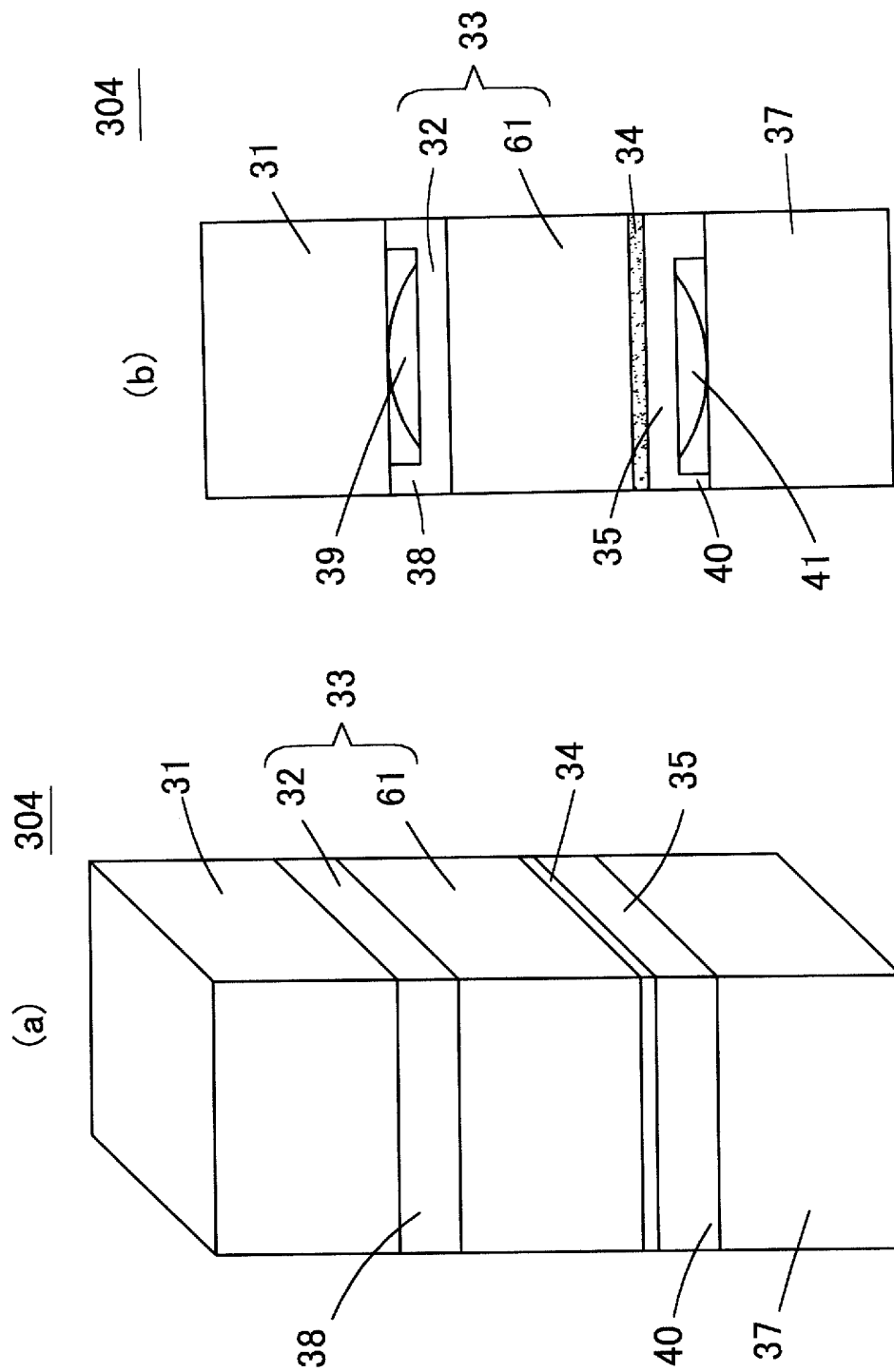
[図16]



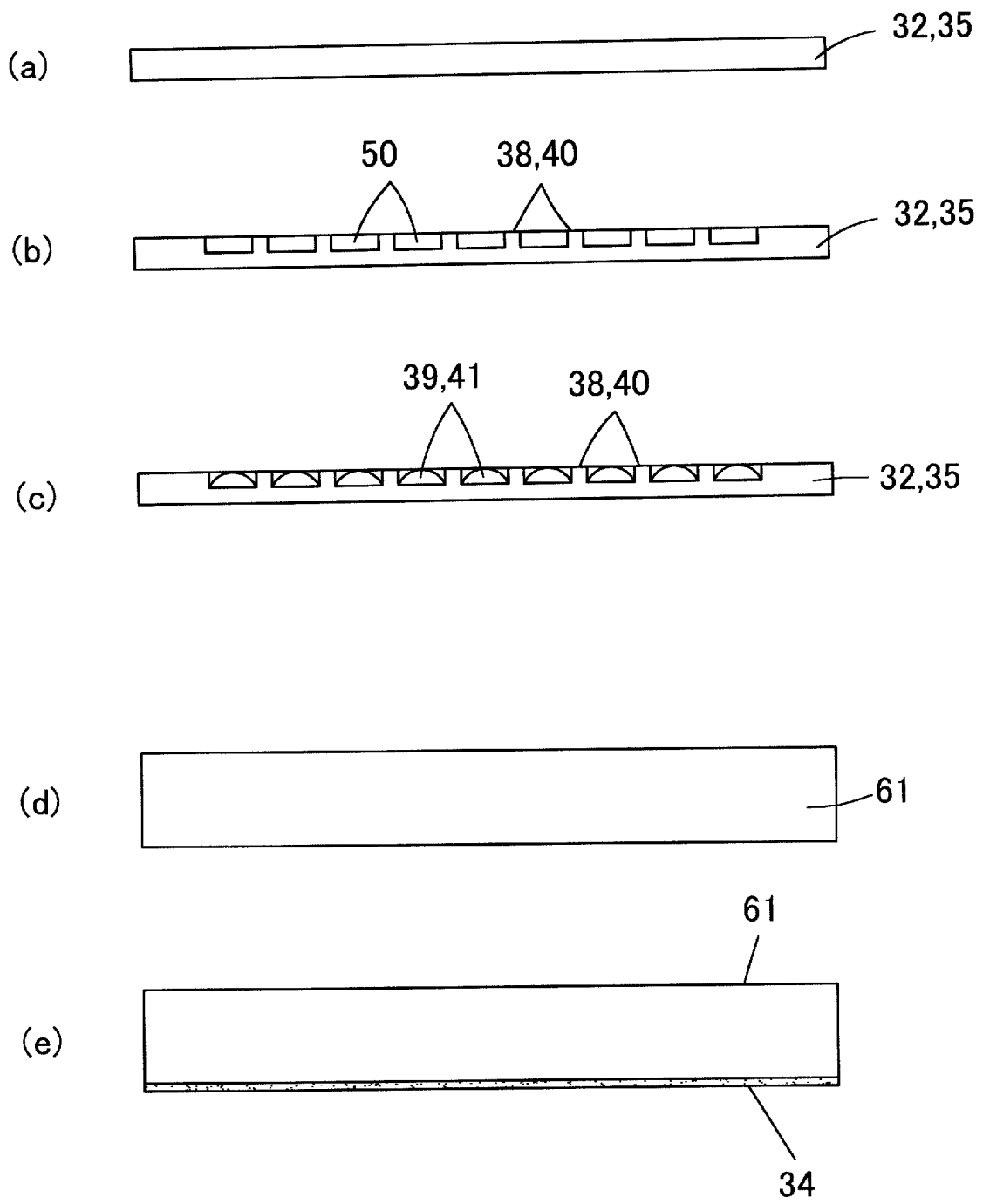
[図17]



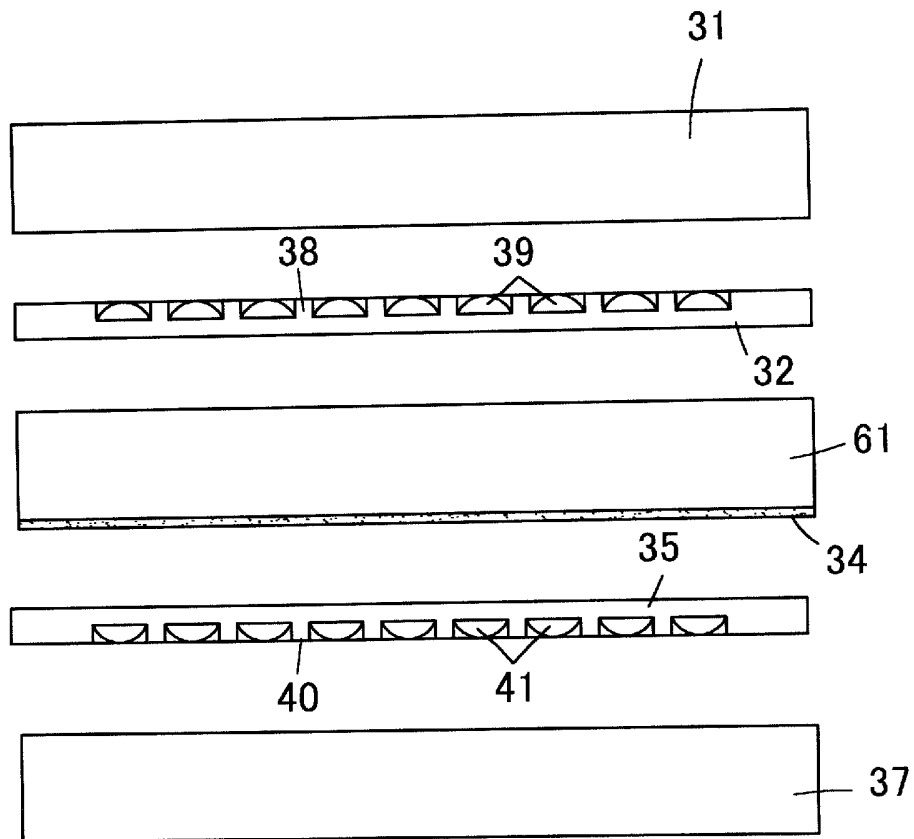
[図18]



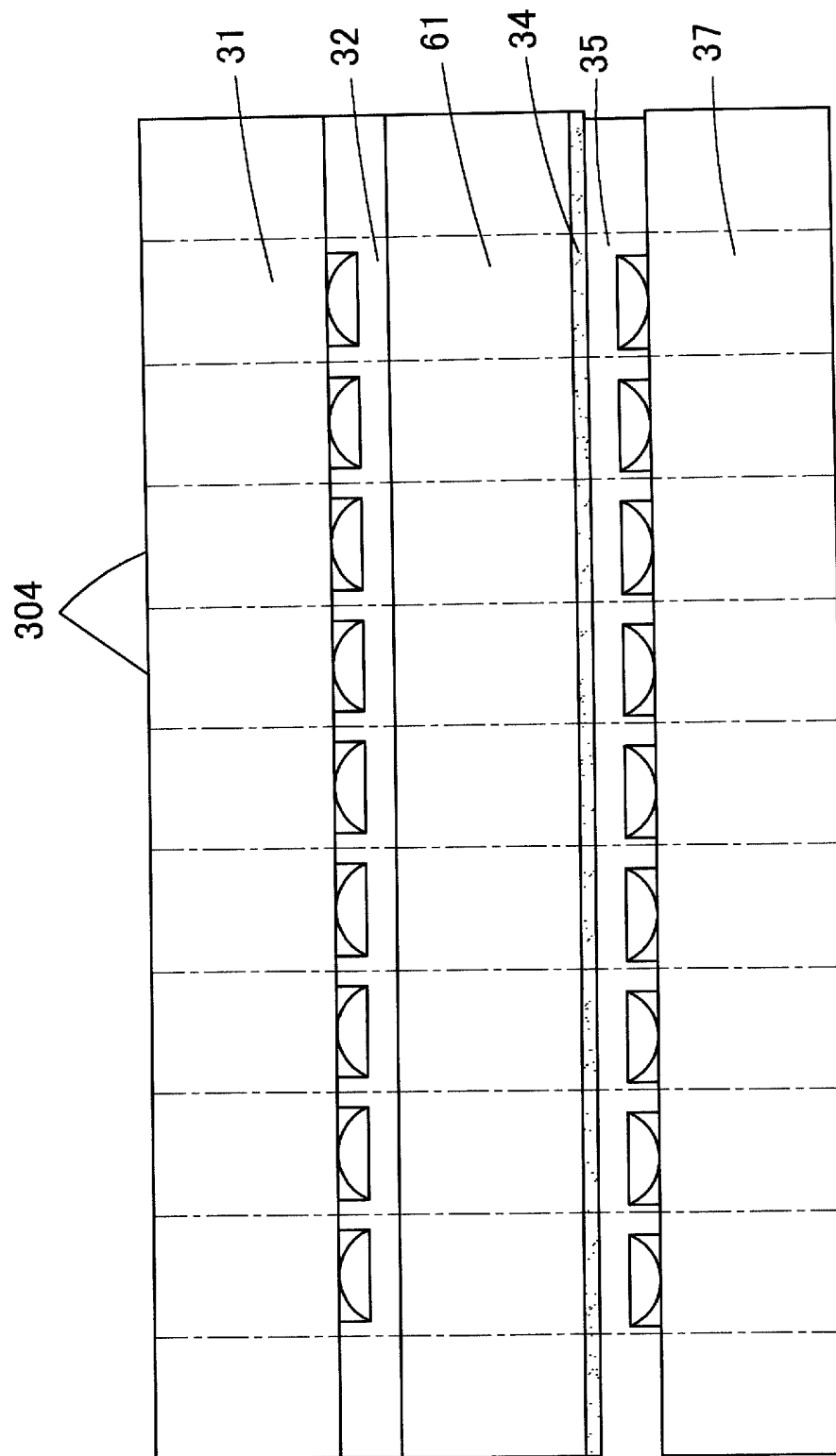
[図20]



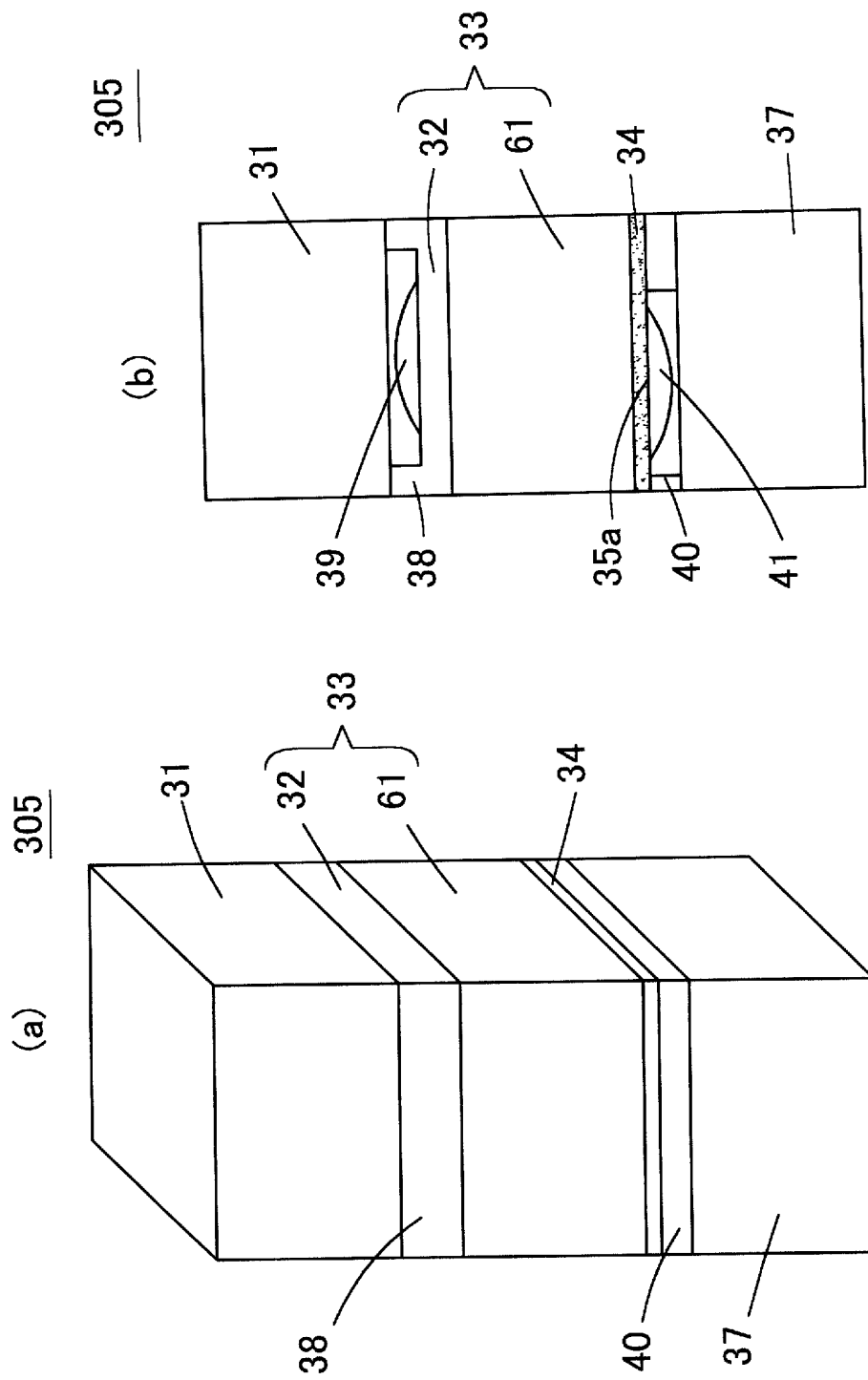
[図21]



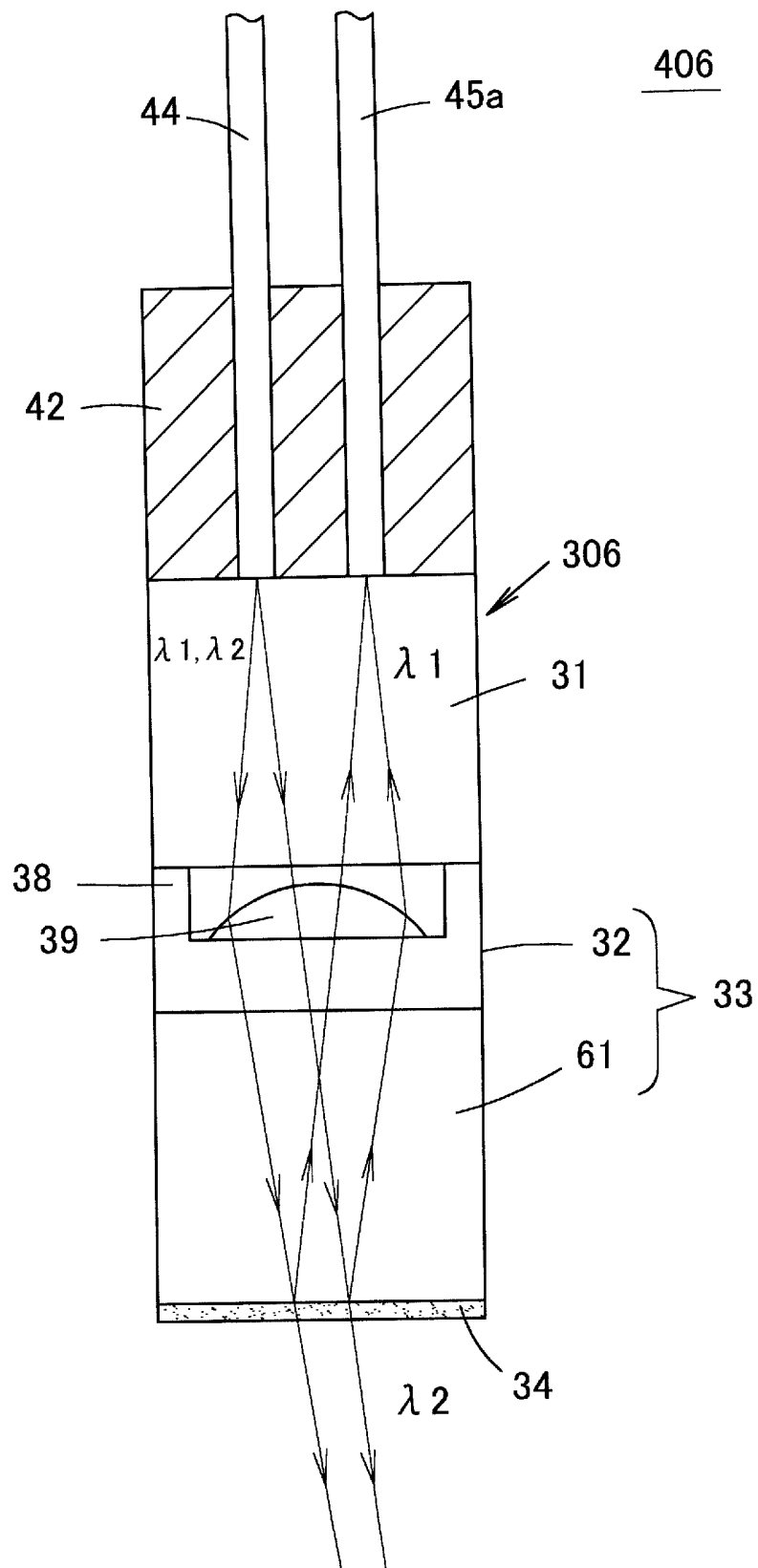
[図22]



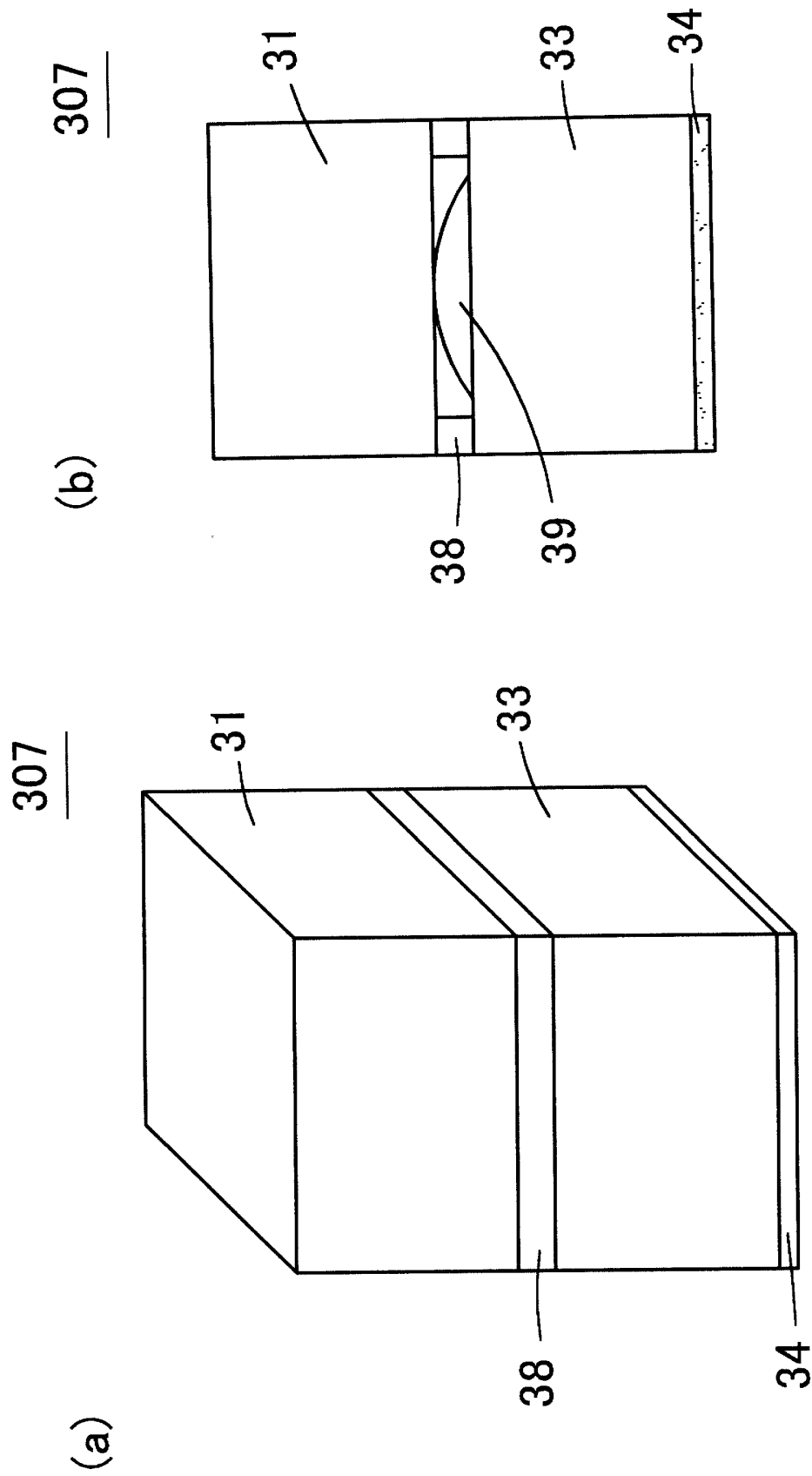
[図23]



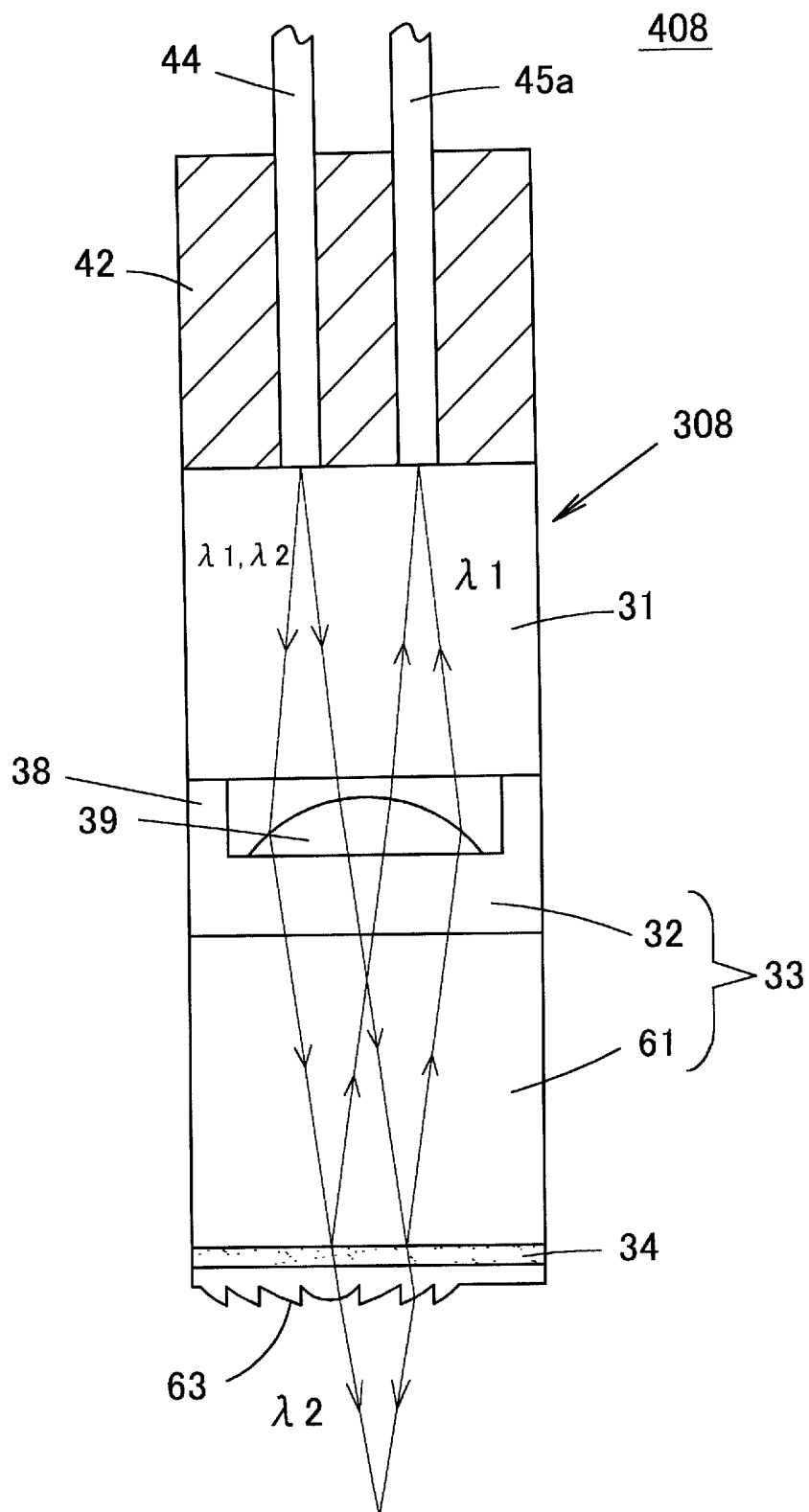
[図24]



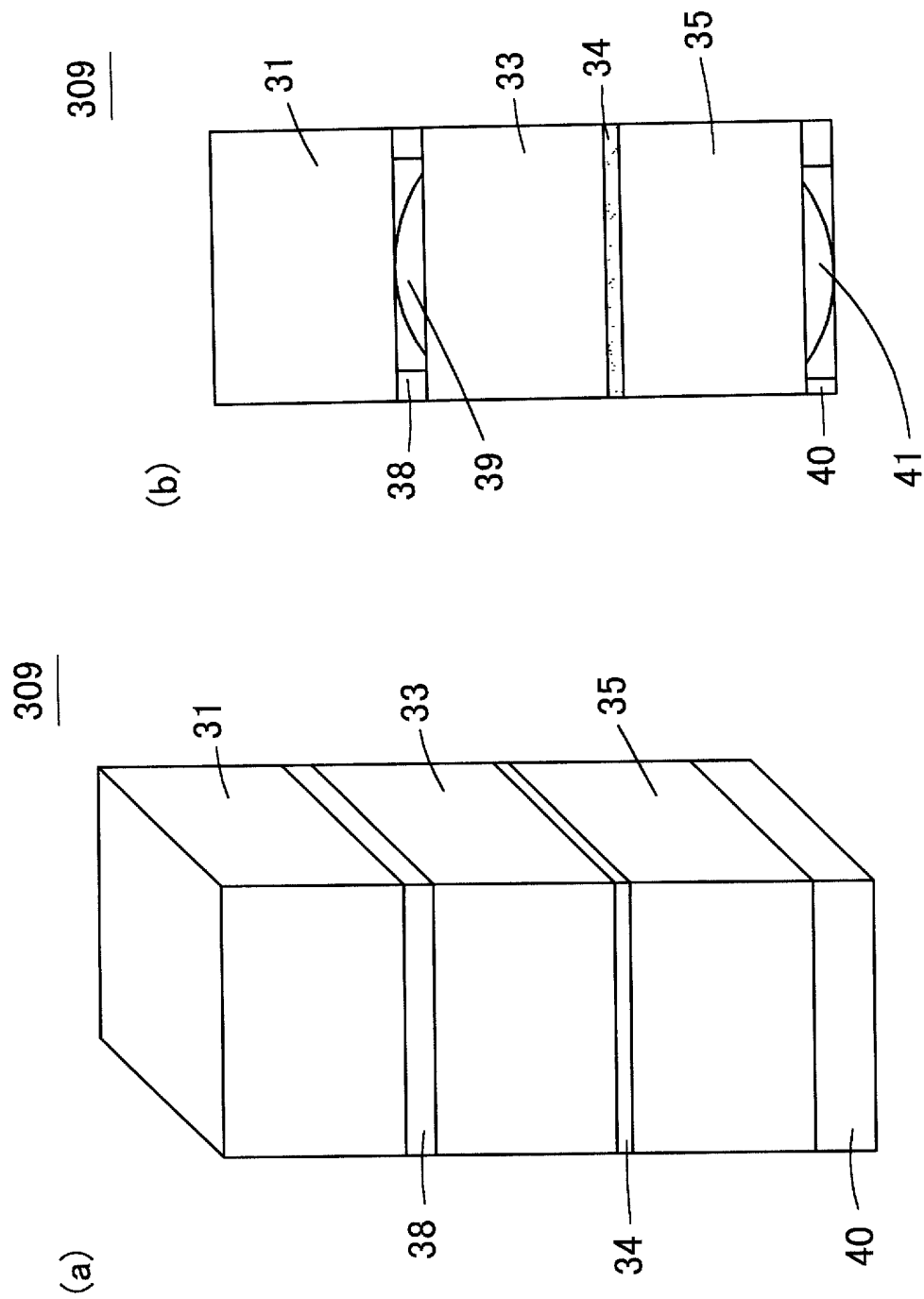
[図25]



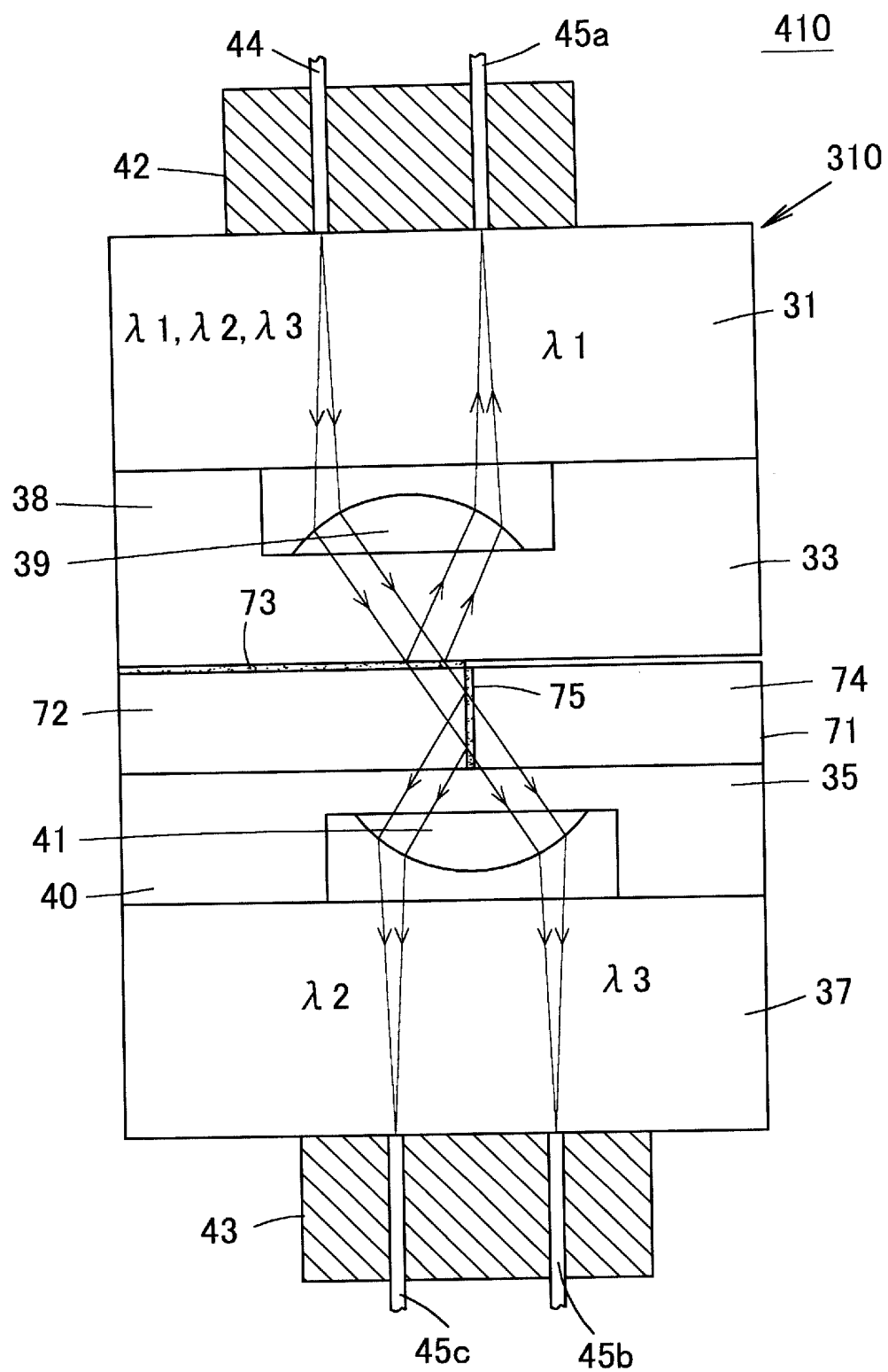
[図26]



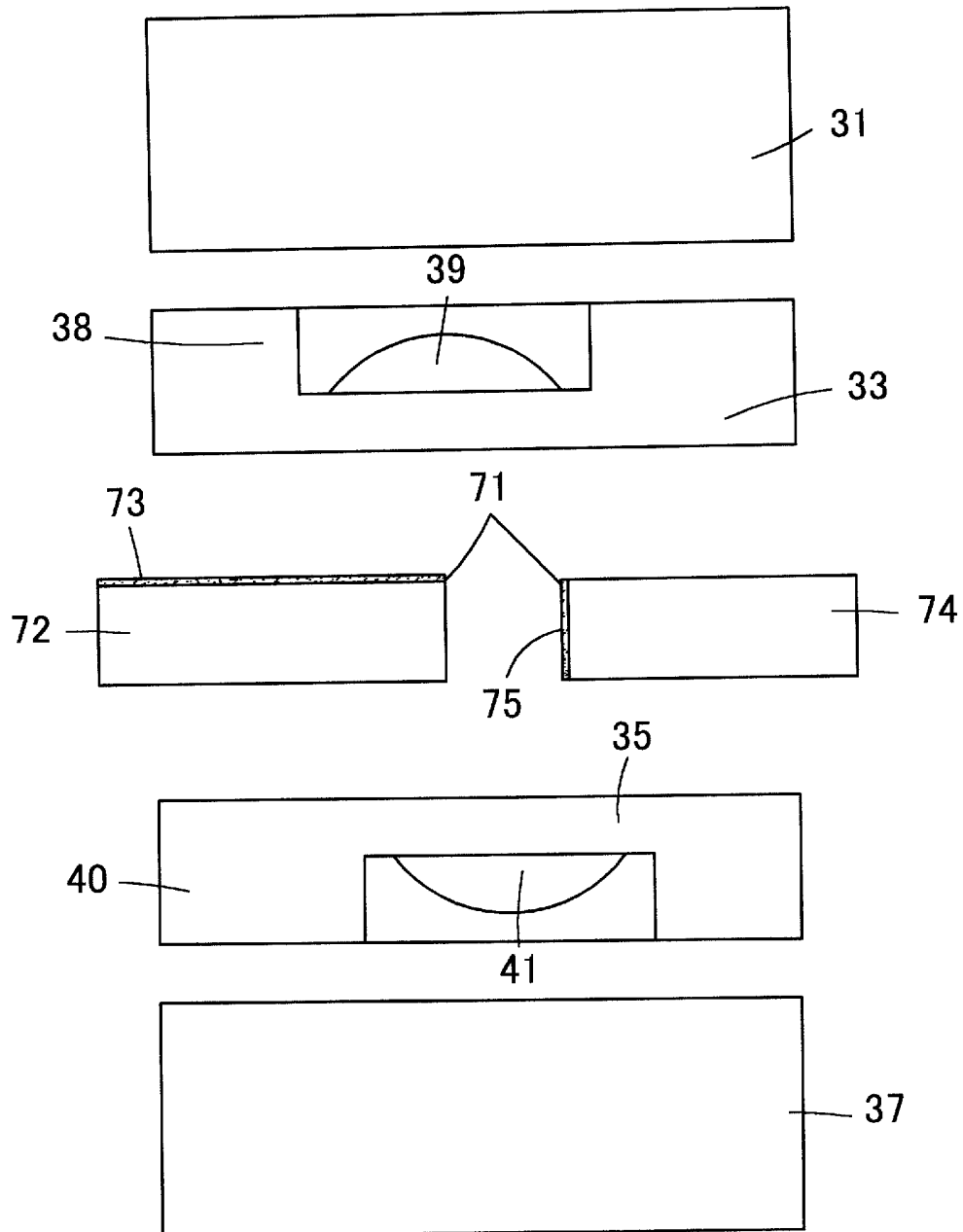
[図27]



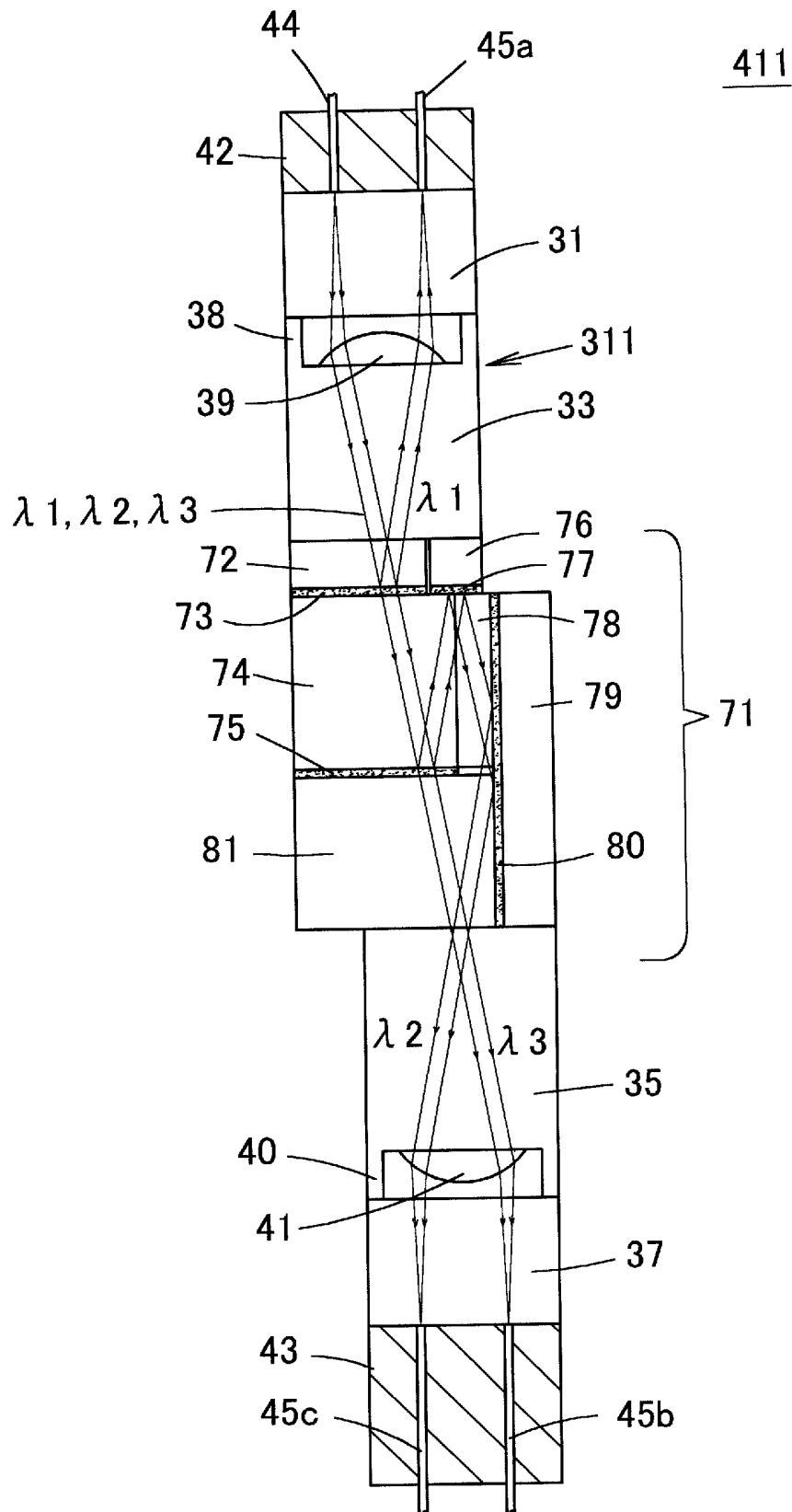
[図28]



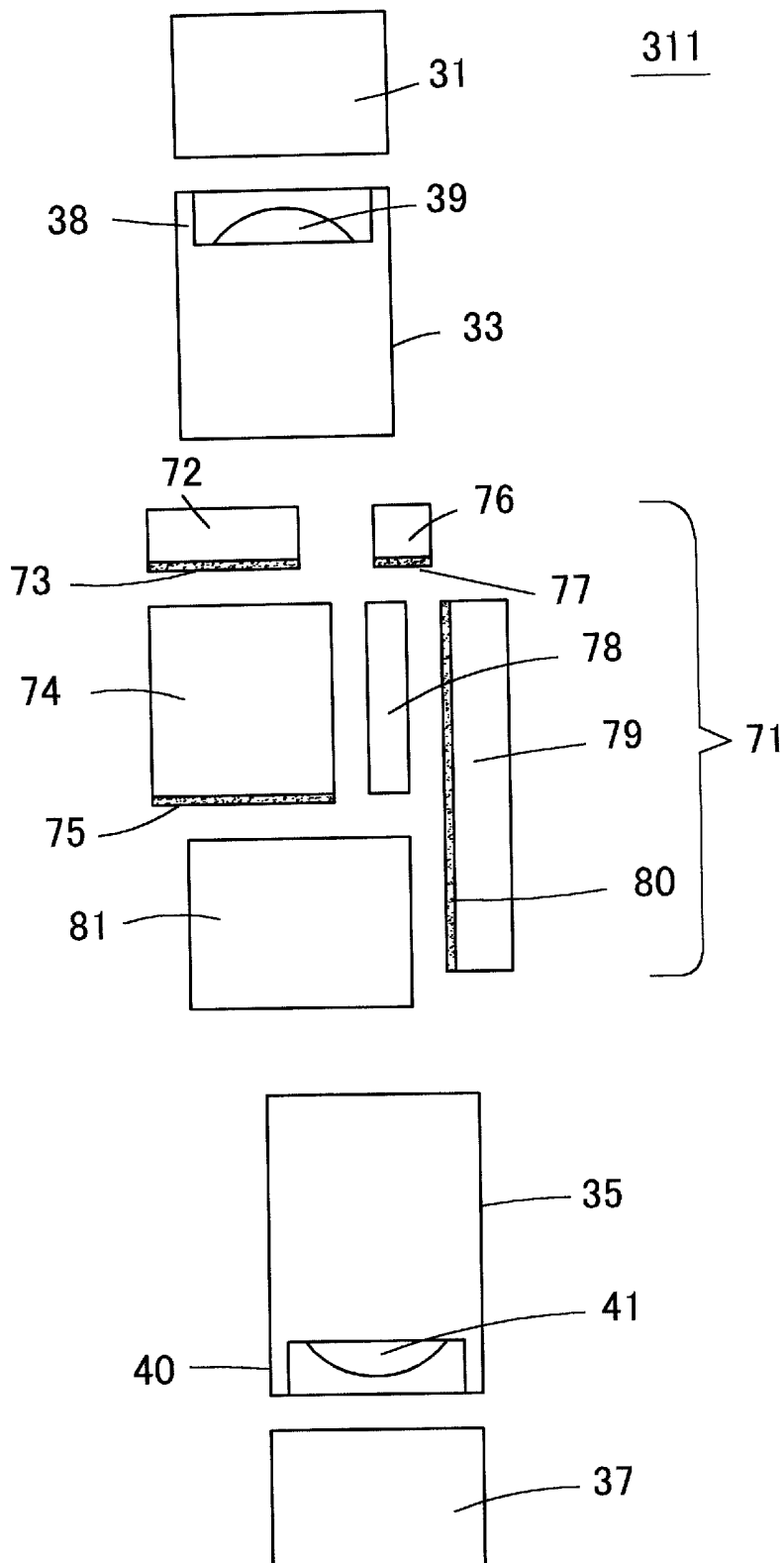
[図29]

310

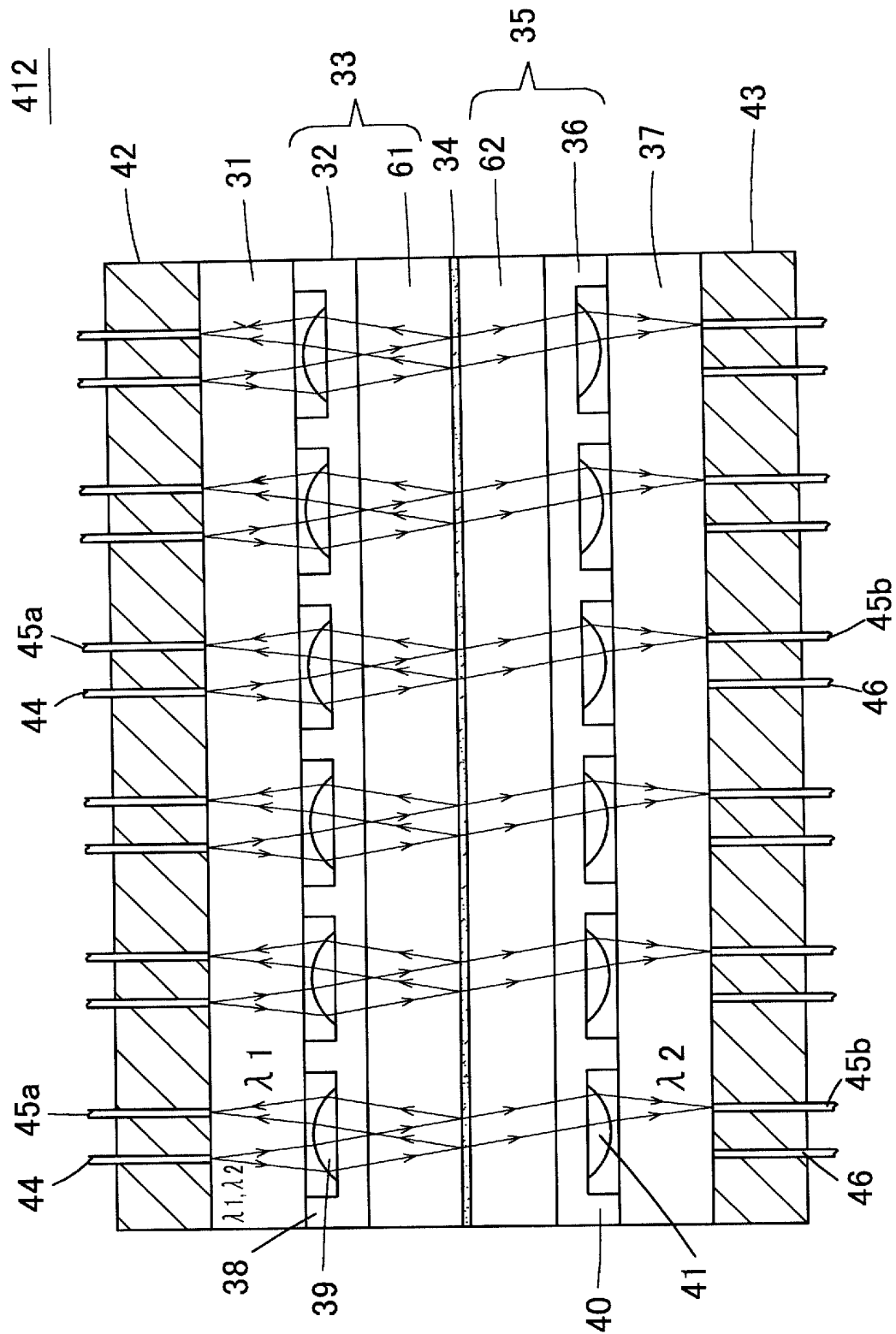
[図30]



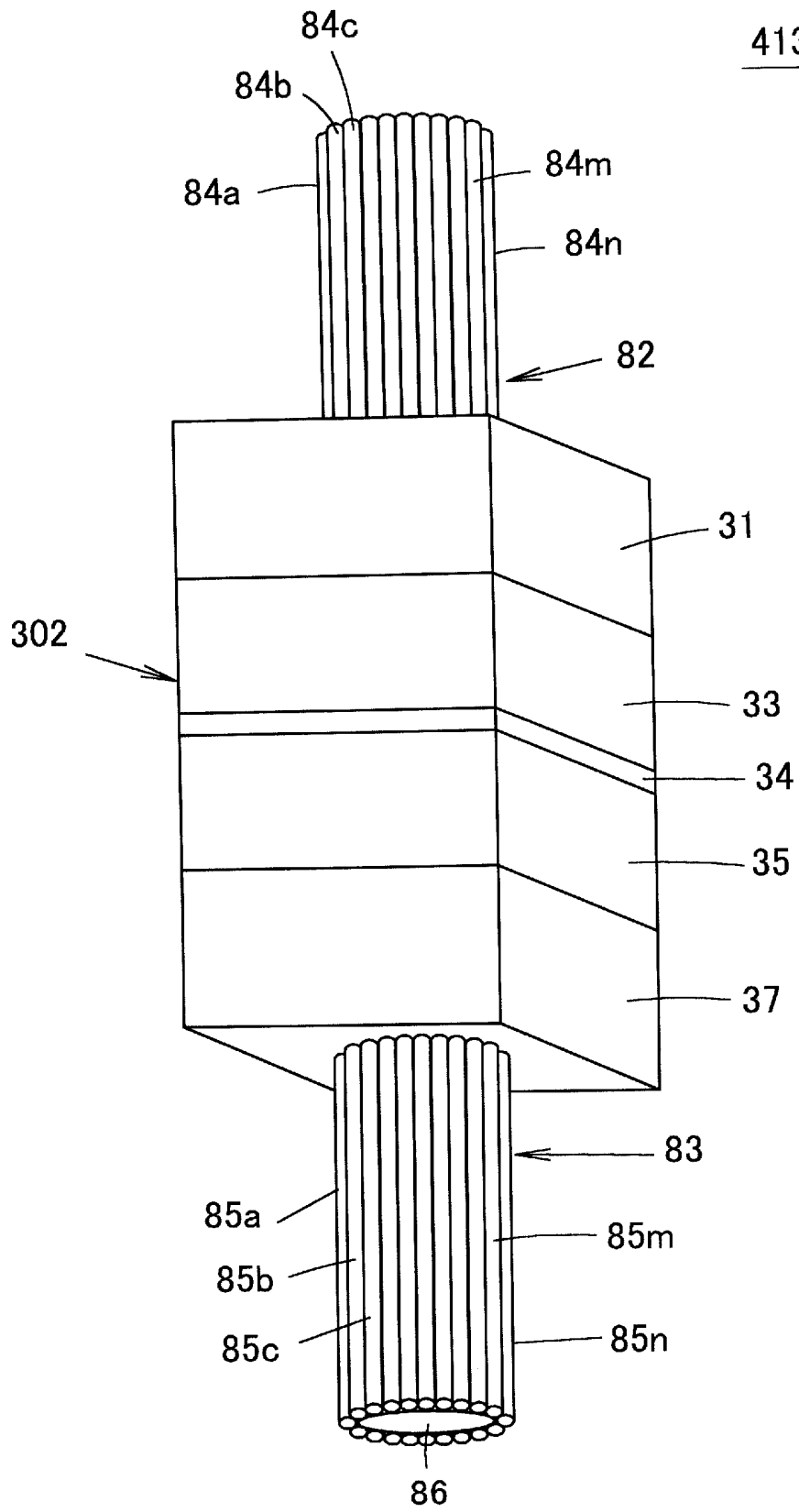
[図31]



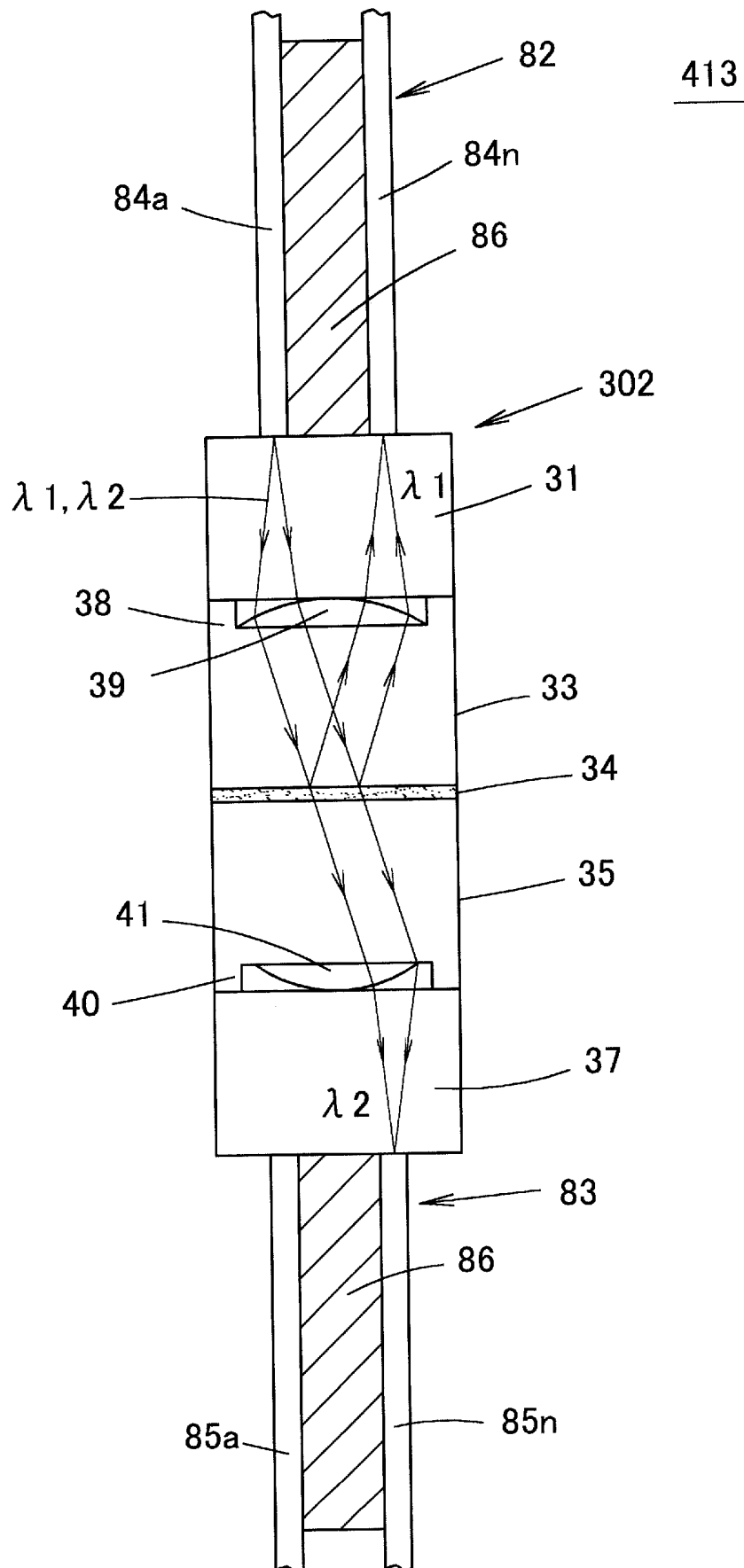
[図32]



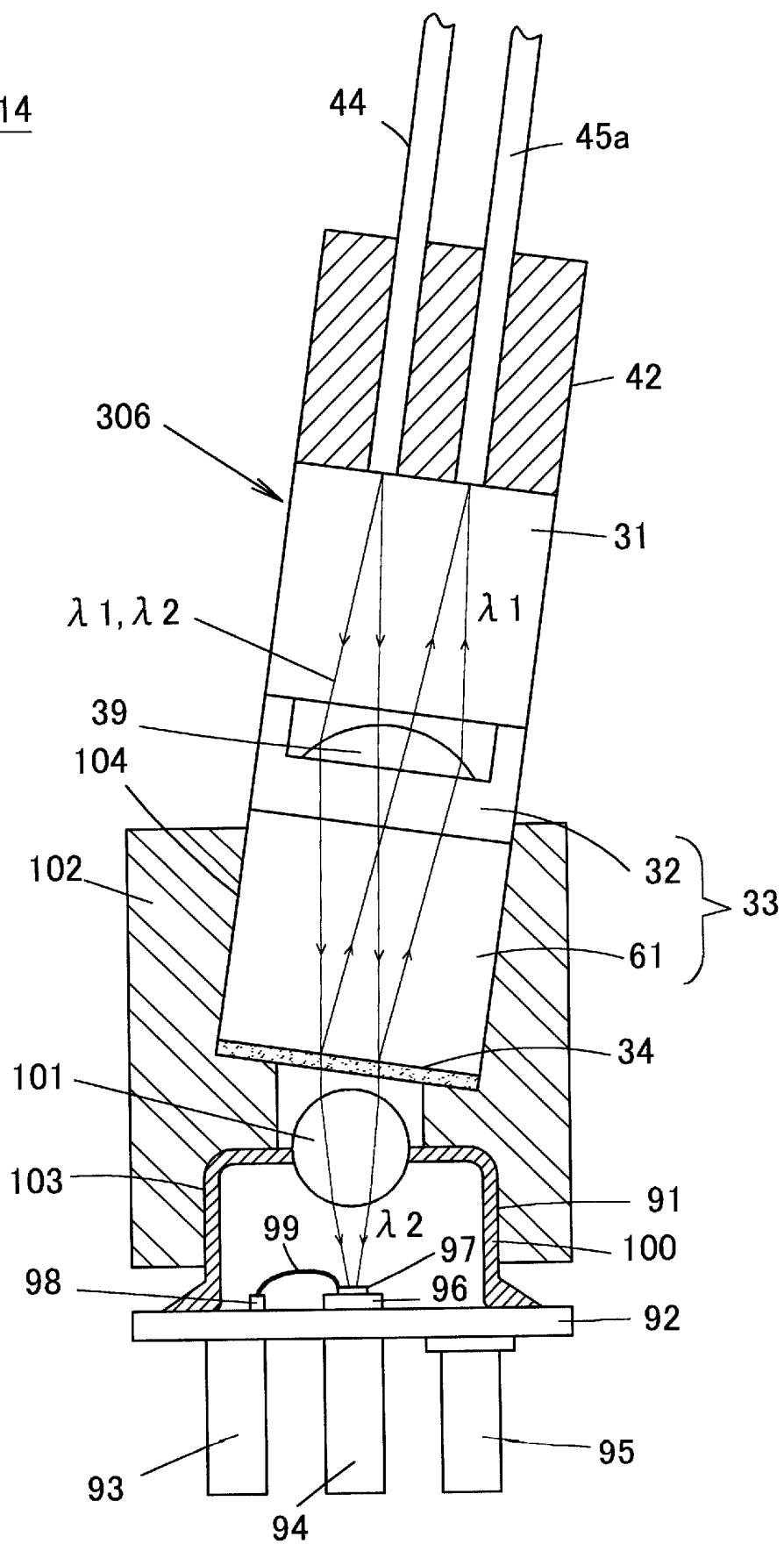
[図33]



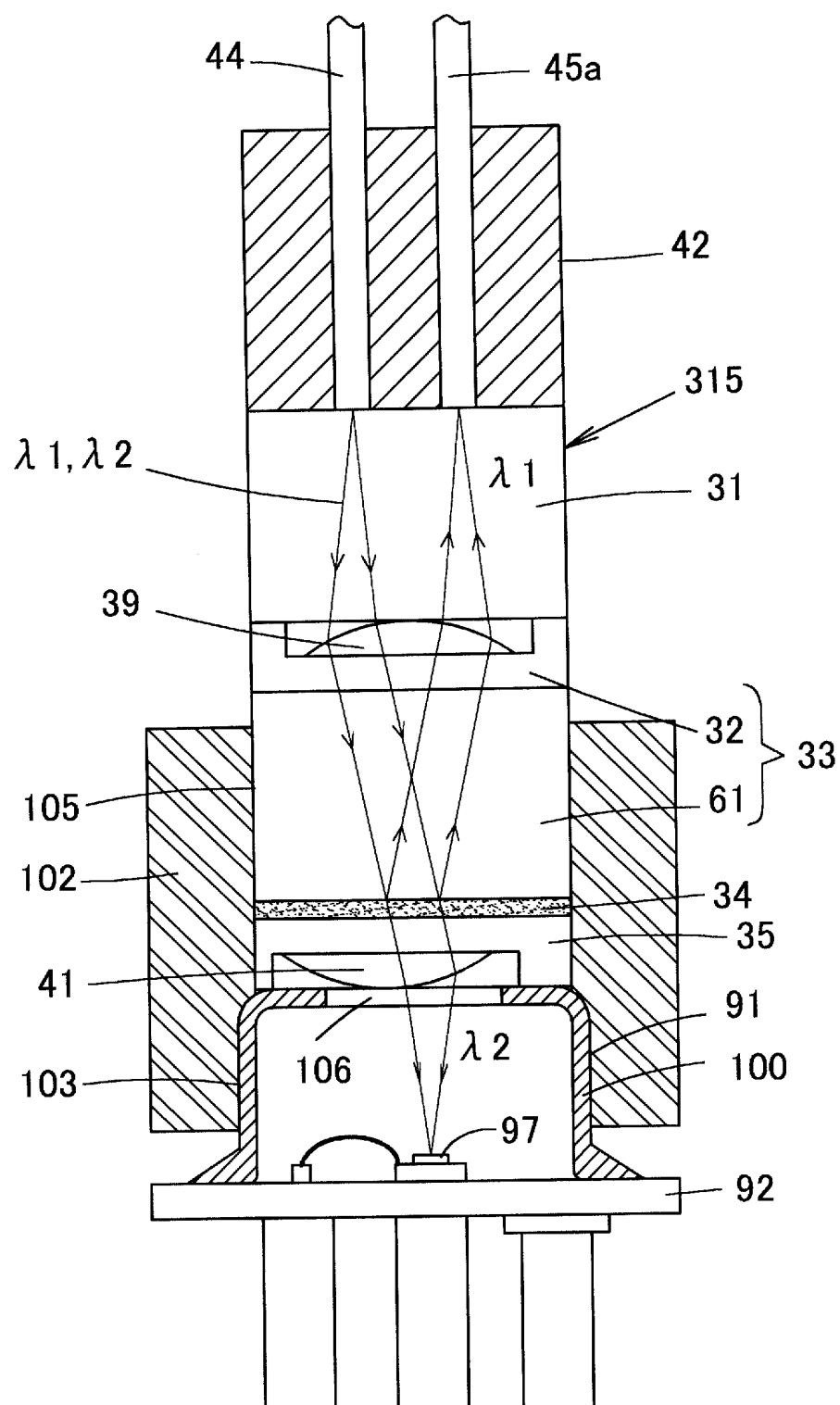
[図34]



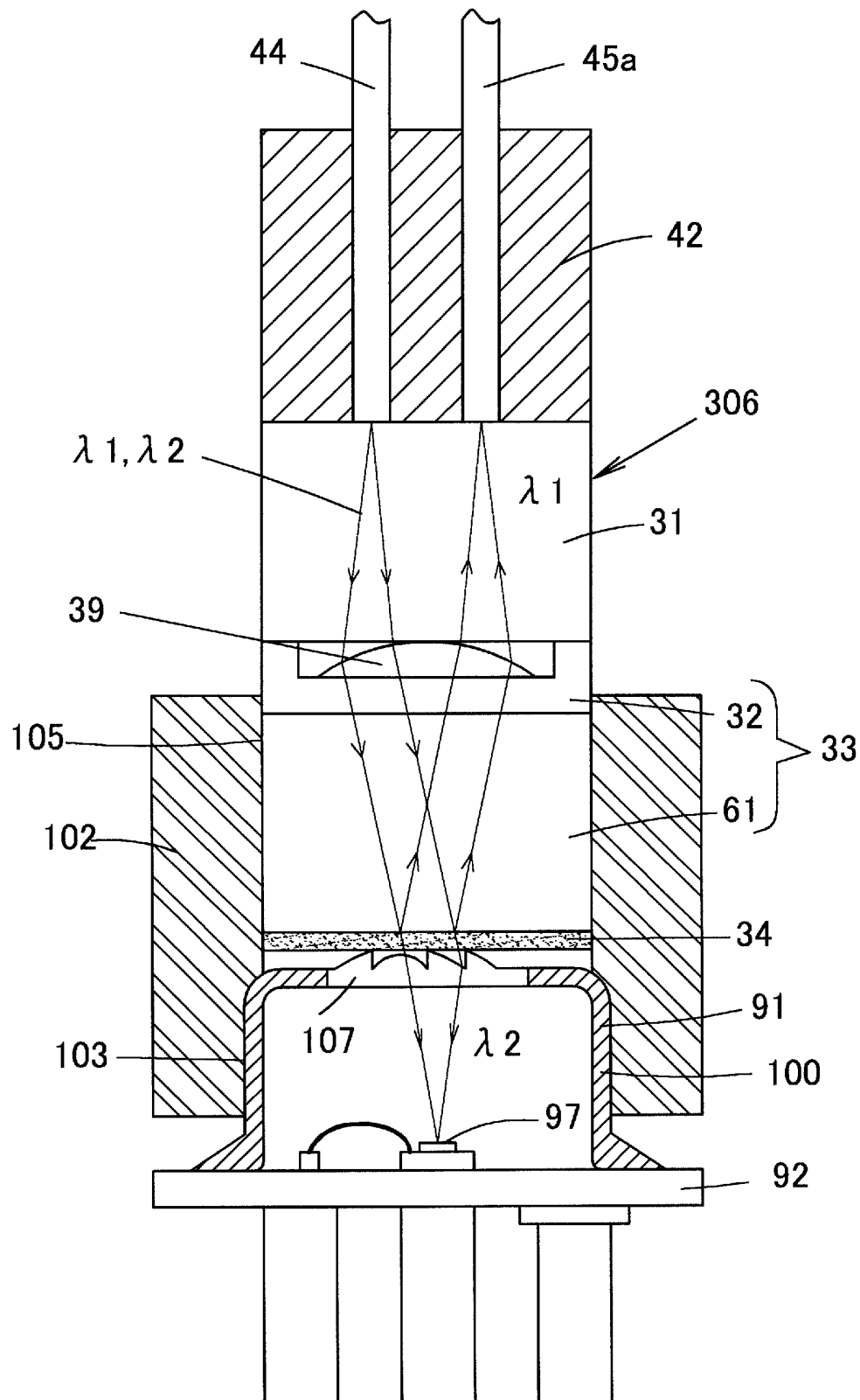
[図35]

414

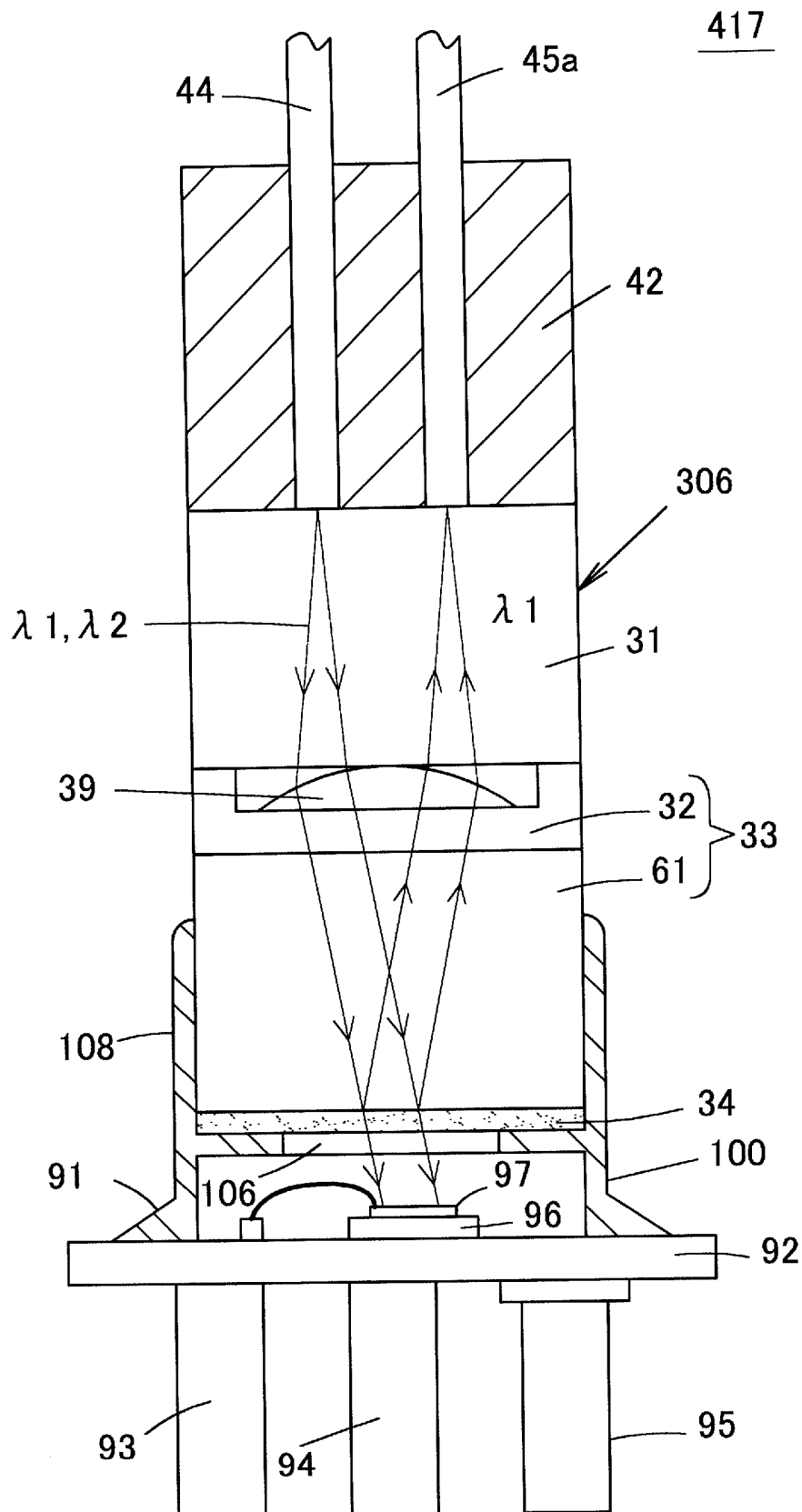
[図36]

415

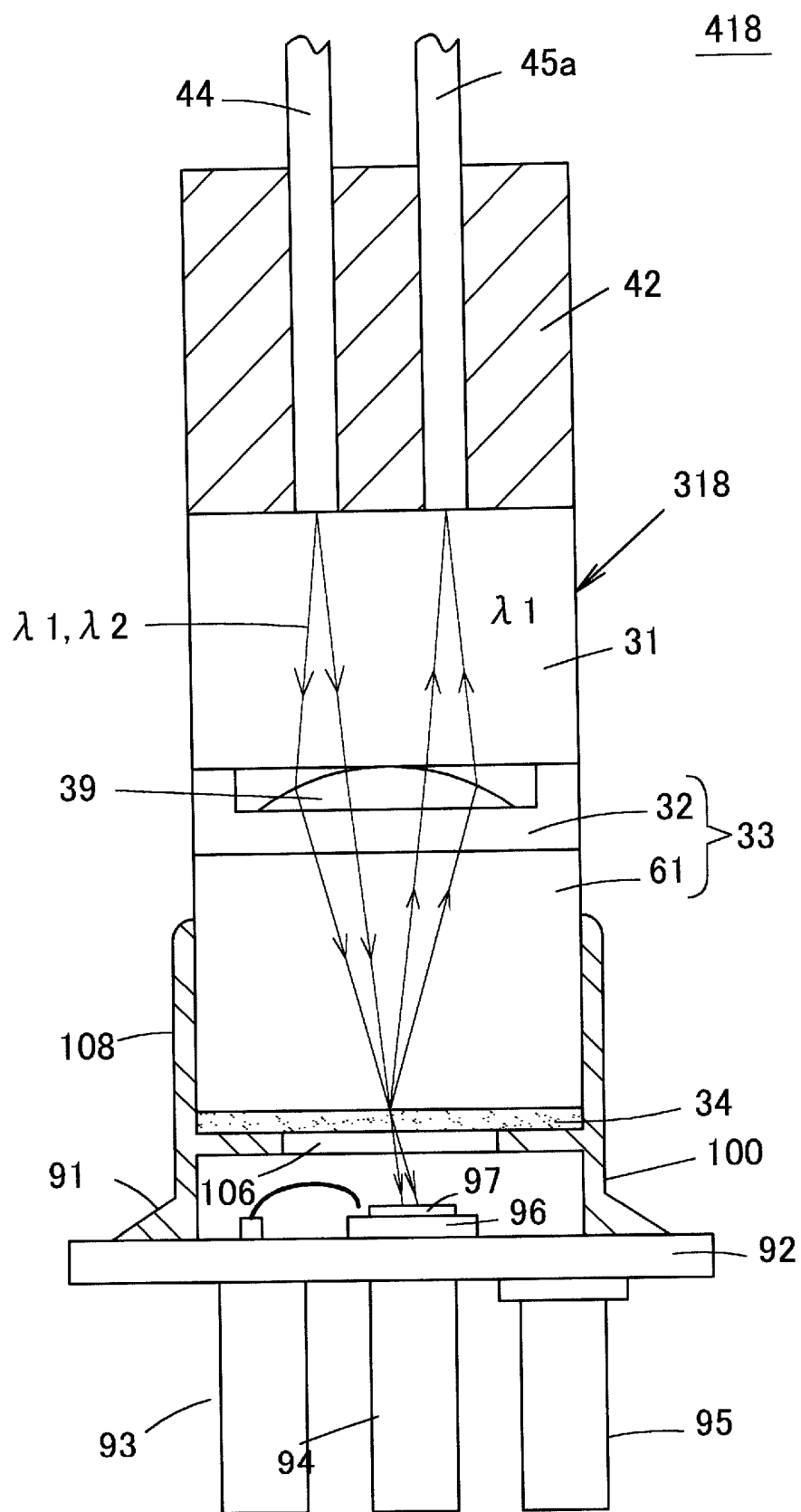
[図37]

416

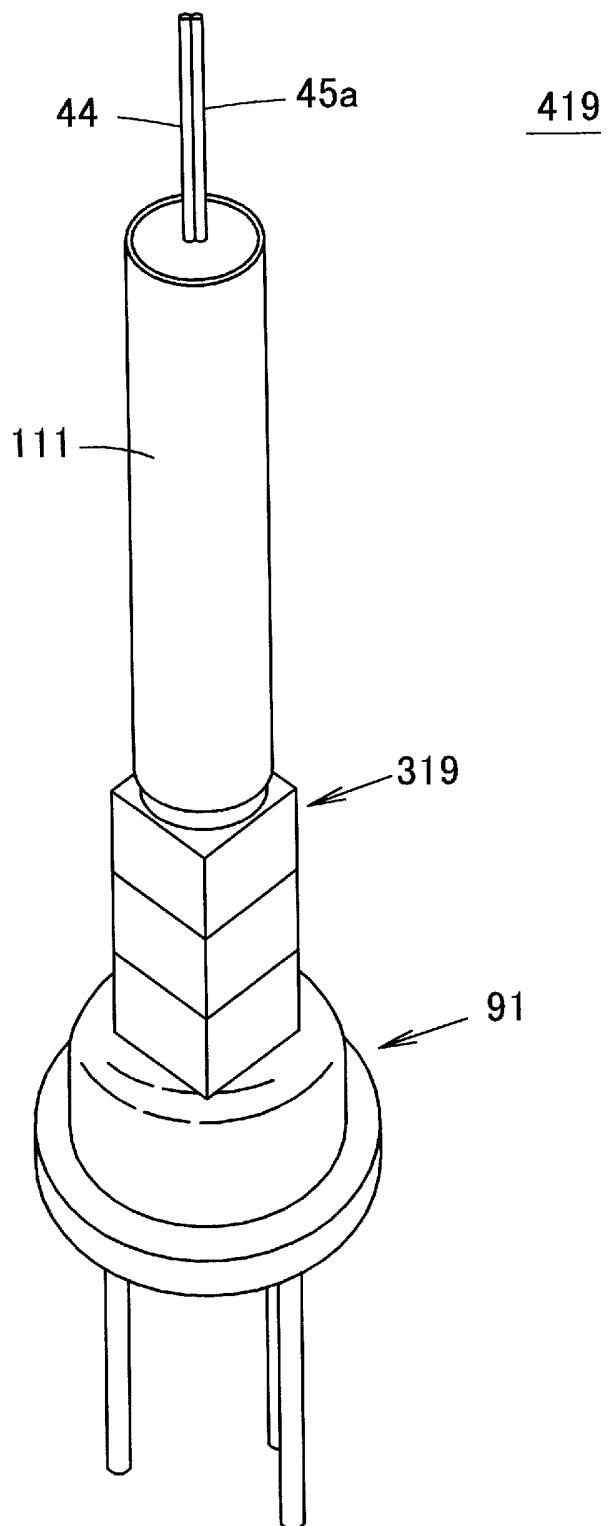
[図38]



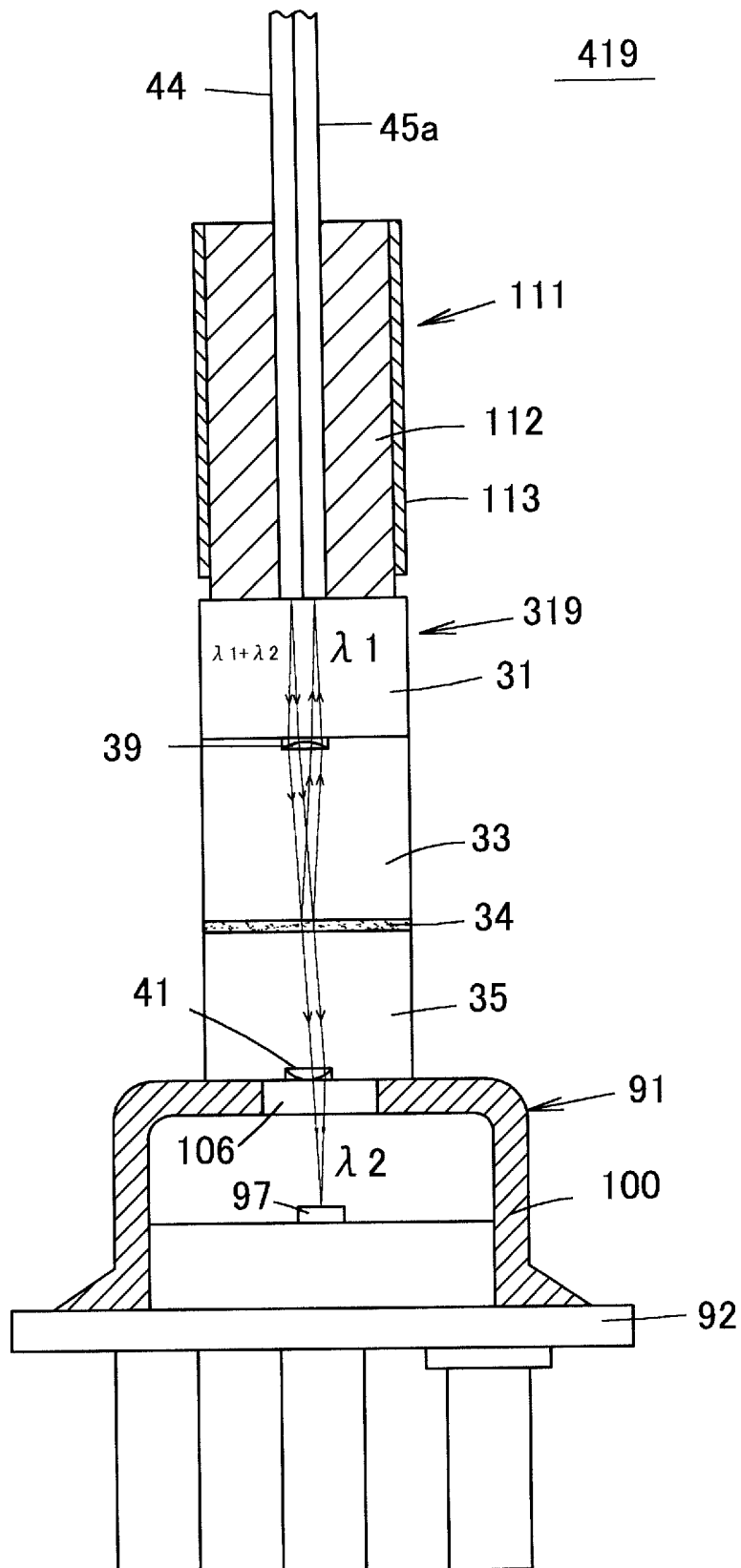
[図39]



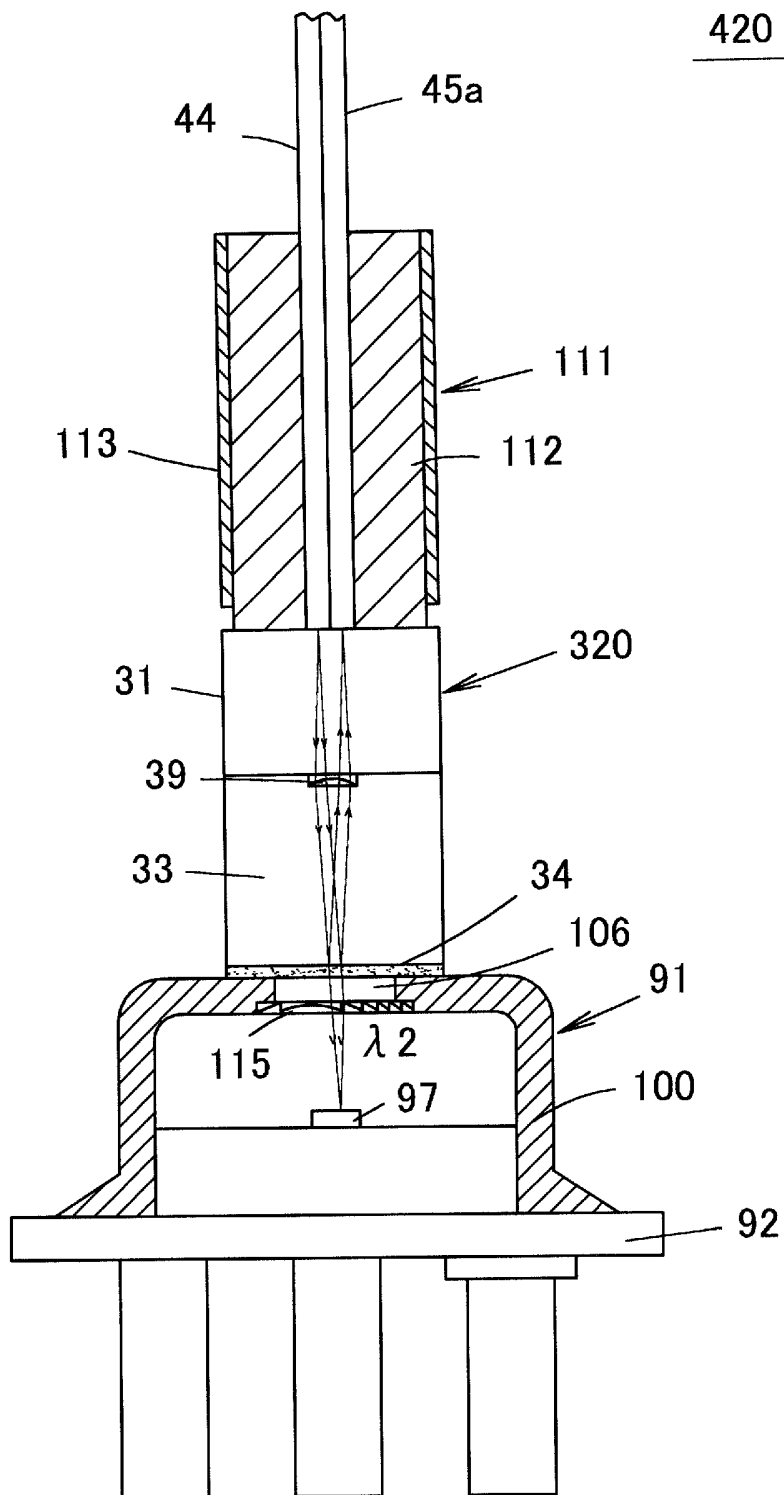
[図40]



[図41]



[図42]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/300832

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B6/293(2006.01), G02B6/32(2006.01), G02B6/42(2006.01)

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)

G02B6/293, G02B6/32, 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	1996-2006
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2006	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2006

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.
A	JP 2004-12801 A (Nippon Sheet Glass Co., Ltd.), 15 January, 2004 (15.01.04), Par. Nos. [0038] to [0093]; Figs. 2, 3 & US 2003026540 A1 & CN 1407740 A	1-23
A	JP 2003-139919 A (Fujikura Ltd.), 14 May, 2003 (14.05.03), Par. Nos. [0008] to [0020]; Figs. 1 to 4 (Family: none)	1-23
A	JP 2003-43295 A (Nippon Sheet Glass Co., Ltd.), 13 February, 2003 (13.02.03), Par. Nos. [0015] to [0031]; Figs. 1 to 7 & EP 1281991 A2 & US 2003026538 A1 & CA 2395111 A1 & TW 591259 A	1-23

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

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
02 February, 2006 (02.02.06)

Date of mailing of the international search report
14 February, 2006 (14.02.06)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/300832

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-196178 A (Fujikura Ltd.), 10 July, 2002 (10.07.02), Par. Nos. [0013] to [0020]; Figs. 1 to 4 (Family: none)	1-23
A	JP 8-292342 A (Kabushiki Kaisha Seiko Giken), 05 November, 1996 (05.11.96), Par. Nos. [0009] to [0016]; Figs. 1 to 9 & EP 738909 A1 & CA 2171123 A & US 5682452 A	1-23
A	JP 61-226713 A (Hitachi, Ltd.), 08 October, 1986 (08.10.86), Page 2, upper right column, line 7 to page 4, upper left column, line 14; Figs. 2 to 7 (Family: none)	9,10
A	JP 9-211267 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 15 August, 1997 (15.08.97), Par. Nos. [0011] to [0018]; Fig. 1 (Family: none)	12

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G02B6/293(2006.01), G02B6/32(2006.01), G02B6/42(2006.01)

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G02B6/293, G02B6/32, G02B6/42

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2006年
日本国実用新案登録公報	1996-2006年
日本国登録実用新案公報	1994-2006年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2004-12801 A (日本板硝子株式会社) 2004.01.15, 段落【0038】-【0093】、図2、3 & US 2003026540 A1 & CN 1407740 A	1-23
A	JP 2003-139919 A (株式会社フジクラ) 2003.05.14, 段落【0008】-【0020】、図1-4 (ファミリーなし)	1-23
A	JP 2003-43295 A (日本板硝子株式会社) 2003.02.13, 段落【0015】-【0031】、図1-7 & EP 1281991 A2 & US 2003026538 A1 & CA 2395111 A1 & TW 591259 A	1-23

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

02.02.2006

国際調査報告の発送日

14.02.2006

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

吉田 英一

電話番号 03-3581-1101 内線 3253

2X

9124

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2002-196178 A (株式会社フジクラ) 2002.07.10, 段落【0013】－【0020】、図1－4 (ファミリーなし)	1-23
A	JP 8-292342 A (株式会社精工技研) 1996.11.05, 段落【0009】－【0016】、図1－9 & EP 738909 A1 & CA 2171123 A & US 5682452 A	1-23
A	JP 61-226713 A (株式会社日立製作所) 1986.10.08, 2頁右上欄7行－4頁左上欄14行、第2－7図 (ファミリーなし)	9, 10
A	JP 9-211267 A (松下電器産業株式会社) 1997.08.15, 段落【0011】－【0018】、図1 (ファミリーなし)	12