

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2008年3月27日 (27.03.2008)

PCT

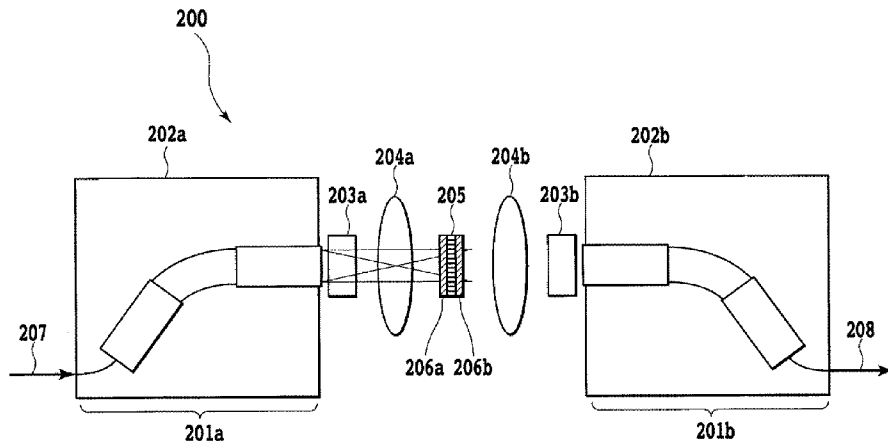
(10) 国際公開番号
WO 2008/035753 A1

- (51) 国際特許分類:
G02F 1/01 (2006.01) G02B 6/12 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/068334
- (22) 国際出願日: 2007年9月21日 (21.09.2007)
- (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2006-256355 2006年9月21日 (21.09.2006) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 美野 真司 (MINO, Shinji) [JP/JP]; 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT 知的財産センター内 Tokyo (JP). 鈴木 賢哉 (SUZUKI, Kenya) [JP/JP]; 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT 知的財産センター内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 谷 義一, 外 (TANI, Yoshikazu et al.); 〒1070052 東京都港区赤坂2丁目6-20 Tokyo (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, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (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,

[続葉有]

(54) Title: WAVELENGTH BLOCKER

(54) 発明の名称: 波長ブロッカ



(57) Abstract: It is possible to provide a wavelength blocker having a function to adjust or block light intensity of an arbitrary wavelength of wavelength division multiplexed (WDM) light signal. The wavelength blocker is characterized as follows. That is, the wavelength blocker has a structure for shading lights other than the light of necessary diffraction order among the light signals Diffracted in an array waveguide grating for demultiplexing a wavelength. Accordingly, the wavelength blocker has an excellent crosstalk characteristic and an excellent light extinction ratio as compared to the conventional wavelength blocker and is optimally designed. Furthermore, the wavelength blocker may be manufactured with a smaller size than the conventional wavelength blocker and can achieve independence of a polarized wave, thereby reducing the cost.

(57) 要約: 本発明の課題は、波長分割多重 (WDM) 化光信号の任意の波長の光強度を調整、または遮断する機能をもつ波長ブロッカを提供することである。本発明の提供する波長ブロッカは以下の特徴を持っている。すなわち、波長を分波するアレイ導波路格子において回折された光信号のうち、必要な回折次数以外の光を遮光する構造を有するため、クロストーク特性や消光比が、従来の波長ブロッカより優れており、最適な実装設計がなされている。さらに、従来の波長ブロッカよりも小型化が可能であり、偏波無依存化を達成でき、コストを削減できる。



WO 2008/035753 A1



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, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

明 細 書

波長ブロッカ

技術分野

[0001] 本発明は光通信システムに応用可能な、波長ブロッカに関する。

背景技術

[0002] 光通信の大容量化が進展し、伝送容量が波長分割多重(WDM(Wavelength Division Multiplexing))方式により増大する一方で、ノードにおける経路切換機能のスループットの増大が強く求められている。現在のところ、その経路切換は、伝送されてきた光信号を電気信号に変換した後に、電気スイッチにより行われている。しかし、高速で広帯域であるという光信号の特徴を生かすことにより、光スイッチを用いて光信号のまま経路切換を行うことにより、ノードの装置を小型化・低消費電力化できる。そのような具体的なシステムとして、例えば、ネットワークをリング型とした光アド・ドロップ多重システムの実現が求められており、必要なデバイスとして、波長ブロッカ等が求められている。

[0003] 図1は、波長ブロッカの機能ブロックを示す図である。入力側の光ファイバ101に波長分割多重(WDM)化された光信号である入力光が入力し、波長分波器102(例えば、アレイ導波路格子(AWG))により波長ごとに、光信号が分けられ、可変光減衰器103(VOA(Variable optical attenuator))に入力される。ここで、VOAの損失を調節することにより各波長の光信号の強度が調節、あるいは遮断される。そして出力側の波長合波器104により合波され、再び波長分割多重化光信号として出力光が、出力側の光ファイバ105から出力される。波長ブロッカの主な機能は、波長分割多重化光信号の各波長の光強度を調節、例えば均一にすること、及び例えば既にドロップして不要になった波長の光信号を遮断(ブロック)すること、である。

[0004] 波長ブロッカは、従来、波長合分波器として空間回折格子を用い、空間回折格子と空間変調素子とを空間光学系で組み合わせることにより実現されてきた。しかし、空間回折格子や空間変調素子を、温度変化も含めて高精度に空間に配置する最適な実装設計の実行は困難である。

[0005] 一方、波長ブロッカを実現する有力な手段の1つとして、波長合分波器として導波型光回路(PLC)を用い、空間変調素子として液晶素子を用いる方法がある。例えば、特許文献1には、PLCを用いた波長合分波器、および液晶素子を用いた空間変調素子が開示されている。

[0006] しかし、特許文献1に開示されている波長合分波器および空間変調素子は、信号処理を目的としているため、特許文献1には、波長ブロッカとして必要な、波長合分波器と空間変調素子の実装構造、PLC部品の設計、および特性について十分な記載がなされていない。したがって、最適な波長ブロッカを提供することにより、コストを削減することができない。

[0007] さらに、波長合分波器のPLC部品として、AWGを用いたときには、所望の回折光の次数 m (m は整数)以外の次数の回折光、例えば $(m+1)$ 次、あるいは $(m-1)$ 次の回折光を遮光していないため、クロストーク(異なるチャンネルからの光信号の漏れ)や消光比($10\log_{10}$ (光信号を透過させた時の光強度/光信号を遮断した時の光強度))といった重要な特性が劣化して低下するという問題点があった。

[0008] さらに、光通信デバイスとして用いるためには、波長ブロッカの偏波無依存化が必要だが、それが、未だ実現されていないという問題点があった。

[0009] 特許文献1:特許第3520072号

発明の開示

[0010] 本発明の波長ブロッカは上記の課題を解決するために、波長分割多重(WDM)化光信号の任意の波長の光強度を調整、または遮断する機能をもつ波長ブロッカを実現するのに必要な、具体的な構造、PLCおよび光部品の設計、実装構造を提示することを特徴とする。

[0011] さらに、所望の回折次数 m (m は整数)以外の次数の回折光については、液晶素子のガラス基板で m 次回折光が入射する領域(中心部付近)以外の左右、あるいは上下余白部に遮光構造を施すことにより、クロストークや消光比の劣化の原因となる迷光を除去することを主要な特徴とする。ここで遮光構造として、液晶素子を固定する、窓付きパッケージを用いてもよい。あるいは、その外側に遮光構造を設けてもよい。

[0012] さらに、実際の光通信デバイスの実現に必要な偏波無依存化を可能にするため、

光サーキュレータ、偏波ビームスプリッタとを組合せ、偏波を分離した後に、2個のAWGに分けて入射し、さらに各々を液晶素子に入射して反射することにより、小型な構造で偏波無依存化を達成することを主要な特徴とする。

[0013] 本発明によれば、波長分割多重(WDM)化光信号の任意の波長の光強度を調整、または遮断する機能をもつ波長ブロックを提供できる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]図1は、波長ブロックの機能を示す図である。

[図2]図2は、実施例1を説明するための平面図である。

[図3]図3は、アレイ導波路格子の詳細を示す図である。

[図4]図4は、中心波長のS3におけるビーム強度分布を示す図である。

[図5]図5は、液晶素子の正面図である。

[図6]図6は、液晶素子の側面図である。

[図7]図7は、遮光パターンを設けた液晶素子を示す図である。

[図8]図8は、遮光パターンを設けた液晶素子を示す図である。

[図9]図9は、液晶素子に遮光板を加えた例を示す図である。

[図10]図10は、液晶素子の表裏に偏光子を設けた側面図である。

[図11]図11は、実施例1を説明するための側面図である。

[図12]図12は、実施例2を説明するための平面図である。

[図13]図13は、実施例2の実装例を説明するための側面図である。

[図14]図14は、実施例2の実装例を説明するための平面図である。

[図15]図15は、実施例2の実装例を説明するための側面図である。

[図16]図16は、実施例3を説明するための側面図である。

[図17]図17は、PLCに、光ファイバアレイを接続するための構造を示す斜視図である。

[図18]図18は、実施例4を説明するための平面図である。

[図19]図19は、実施例4を説明するための側面図である。

[図20]図20は、実施例5を説明するための平面図である。

[図21]図21は、実施例6を説明するための平面図である。

[図22]図22は、実施例7を説明するための平面図である。

[図23]図23は、実施例8を説明するための側面図である。

[図24]図24は、実施例9を説明するための平面図である。

[図25]図25は、実施例10を説明するための平面図である。

[図26]図26は、実施例10の実装構造例を説明するための平面図である。

[図27]図27は、実施例10の実装構造例を説明するための側面図である。

[図28]図28は、実施例11を説明するための平面図である。

[図29]図29は、実施例11を説明するための側面図である。

[図30]図30は、実施例12を説明するための側面図である。

[図31]図31は、実施例13を説明するための側面図である。

[図32]図32は、実施例14を説明するための平面図である。

[図33]図33は、実施例15を説明するための側面図である。

[図34]図34は、実施例16を説明するための側面図である。

発明を実施するための最良の形態

[0015] 以下、図面を参照して本発明の実施例を詳細に説明する。

実施例 1

[0016] 図2は、本発明の、実施例1に係る波長ブロッカ200を説明するための平面図である。図2に示されているように、実施例1に係る波長ブロッカ200は、入力側に光ファイバ207が接続されたAWG201aを含むPLC202aを含み、AWG201aの出力側の光軸上に、シンドリカルレンズ203aと、コリメートレンズ204aと、偏光子206a、206bに挟持された液晶素子205からなる空間変調素子1108とが順に配置されている。空間変調素子1108の出力側の光軸上には、コリメートレンズ204bと、シンドリカルレンズ203bとが配置され、出力側光ファイバ208が接続されたAWG201bを含む光ファイバ202bに光学的に結合されている。

[0017] 図3は、AWG201aの詳細を示している。図3に示されているように、AWG201aは、入力側光導波路301に接続された第1スラブ導波路302と、PLC202aの切断面S2に出射面を有する第2スラブ導波路304と、第1スラブ導波路302および第2スラブ導波路304を接続するアレイ導波路303とから成る。

[0018] 入力側光導波路301から入力された入力信号は、第1スラブ導波路302を通過した後、アレイ導波路303を通過し、アレイ導波路303と第2スラブ導波路304との境界面S1を通過し、第2スラブ導波路304において回折し始め、第2スラブ導波路304の空間と接する切断面S2において空間に出射し、各波長が分波される焦点面S3において各波長に分波される。ここで、焦点面S3は直線であっても曲線であってもよい。また、実施例1において、第2スラブ導波路304を含まずアレイ導波路303の端の手前で切断したPLCを採用してもよい。このように、第2スラブ導波路304がない場合も、アレイ導波路303の端から出射された光は空間で回折する。

[0019] 図3に示されているAWG201aの中心波長、例えば1545nmの光が回折して、焦点面S3でどのような強度になるか、を示したのが図4である。図4は、ピーク幅を実際のピーク幅より広めに示している。このように、焦点面S3の中心にm次の回折光が位置すると、(m-1)次、(m+1)次の回折光は、そのAWG201aの自由スペクトルレンジ(FSR(Free Spectral Range))に対応した場所に現れる。この(m-1)次、(m+1)次の回折光は空間を伝搬して迷光となり、パッケージ内で反射したりして、結果として出力側のAWG201b内の光信号光に混ざって、信号光に対するクロストーク成分となるため、消去することが望ましい。しかし、この(m-1)次、m次、(m+1)次の回折光の強度ピークを結んだ飽絡線は通常ガウス分布に近似されるなだらかな曲線である。ここでm次に含まれる波長信号が、1527nmから1563nmのC帯に含まれる100GHz間隔の45波長のWDM信号だとし、これらの各信号を一様に低損失にする。するとこの飽絡線を急激に減少させて0にすることは難しいため、隣接次数の(m-1)次、(m+1)次の回折光のピークが図4のように残ってしまう。ここではm次で1545nmの波長の例を掲げる。この回折光はそのままでは空中に放射されモジュール内で反射したりして迷光となり、光信号成分に混入してクロストーク特性を劣化させる可能性がある。したがって、これら(m-1)次、(m+1)次の回折光は遮光して除去することが望ましい。実施例1は、後述するように、上記(m-1)次、(m+1)次の回折光を遮光して除去することができる。

[0020] また、光の進行方向に対して垂直な上下方向へ光が広がるのを防止するために、シリンドリカルレンズ203a、203bにより上下方向に広がらないように集光する。さらに

、コリメートレンズ204a、204bは、光進行方向に対して垂直な上下方向、左右方向共に集光させ、焦点面S3を制御する。

[0021] 実施例1では、空間変調素子として、液晶素子を用いている。液晶素子は、印加された電圧により偏波の回転角を制御できるため、偏光子との組合せで可変光減衰器として機能する。

[0022] 図5は、液晶素子205の正面図である。液晶素子205の内部には、パタン化された透明なITO(インジウムスズ酸化物)電極501が形成されている。図5において、ITO電極501のパタンのピッチは $50\mu\text{m}$ 、ギャップは $5\mu\text{m}$ である。波長ブロッカ200に入射する光信号が、例えば、波長 $1.55\mu\text{m}$ 帯であり、周波数100GHzの間隔で45ch並んでいるとすると、ITO電極501の各パッドに、各波長信号に対応する光信号が入射するように設計されている。そして、この各パッドに電圧を加えることにより、各波長の透過損失を制御することができ、その光強度を独立に制御可能である。さらには損失を40dBまで高くすることにより、任意の波長を遮断(ブロック)することが可能である。図5において、ITO電極501は、液晶素子205の端まで展開され $250\mu\text{m}$ ピッチのパッドを形成している。そして、そのパッドは、フレキシブルプリント基板(FPC)ケーブルに接続されており、外部から電圧を個々に印加される。

[0023] ここでは、空間変調素子の例として、液晶素子のツイストネマティック型の例を挙げたが、特に、ツイストネマティック型の液晶素子に限定するわけではなく、同様の機能を持つものなら他の種類の物も用いることができる。さらに、光強度減衰器として機能できるなら液晶素子に限定しなくともよい。

[0024] 図6は、液晶素子205の側面図を示している。図6に示されているように、液晶素子205は、液晶601を、ガラス基板602a、602bにより覆った構造をしている。ガラス基板602a、602bは、厚さ1mm以下であり、液晶素子205自体の厚さは、 $10\mu\text{m}$ のオーダーである。

[0025] 図7は、前述したように、迷光となる、 $(m-1)$ 次、 $(m+1)$ 次の光を遮光する工夫をした液晶素子701を示す。液晶素子701の内部には、ITO電極702を有し、ガラス基板703で覆われている。 $(m-1)$ 次、 $(m+1)$ 次の迷光は、遮光パタン704によって遮光される。

- [0026] 図8は、 $(m-1)$ 次、 $(m+1)$ 次の迷光を遮光する工夫をした他の液晶素子801を示す。液晶素子801では、迷光が液晶素子の内面で反射して種々の方向に散乱することを防ぐために、ITO電極802の上下を覆うように遮光パターン804を配置している。
- [0027] 図9は、 $(m-1)$ 次、 $(m+1)$ 次の迷光を遮光する工夫をしたさらに他の液晶素子901を示す。液晶素子901は、遮光パターン904に加えて、周囲の空間においても迷光を遮光する外部遮光板905を有し、迷光の遮光範囲を広げている。
- [0028] 図7～9では、 m 次以外の光を遮光するための典型的な液晶素子701、801、901を示したが、同様の効果を持つならその遮光のための液晶素子は、液晶素子701、801、901に留まらず、どのようなものでもよい。
- [0029] 以上、PLCからなる波長ブロッカ200に用いられる、 m 次の光以外の次数の迷光を遮光する液晶素子を説明したが、PLCを、空間型回折格子、グレーティングを用いた回折格子で置き換えてもよい。
- [0030] 実際に光学的に設計・作製したPLC部品の大きさの典型値は下記の通りである。
- [0031] ・AWGの第2スラブが無いとき、PLC端面と液晶素子との距離＝50mm
・AWGの第2スラブが有るとき、AWGの第2スラブ長＝25mm、PLC端面と液晶素子との距離＝3mm
- [0032] なお、偏光子については、例えば0.05mm～0.3mm程度の薄い板状のものを用いた。そして構造としては、一例として、偏光子を、UV光硬化型の接着剤により、直接貼り付けている。しかし、ハイパワーの光が入射するときには、後ろ側の偏光子で熱が発生するため、例えば、図10に示されているように、枠1001を用いて、液晶素子205と偏光子1002との間に空隙1003が生じるようにして貼り付けてもよい。このように、空隙を設けることにより、偏光子1002で発生した熱が液晶素子205に伝わりにくく、優れた実装設計が可能である。
- [0033] また、各光部品の光路に当たる部分には、反射戻り光を防ぐべく反射防止膜が施されている。
- [0034] 実施例1の波長ブロッカ200の側面図を、図11に示す。ここでは、各部品を、光学調心用基板1106を基準として、順番に調心固定している。PLC202a、202b、シリ

シリンダリカルレンズ203a、203b、コリメートレンズ204a、204bについては、金属板、例えばステンレス板、またはステンレス枠に、低融点ガラス、あるいは、かしめて、あるいは半田等により、光学調心用部材1101a、1101b、1102a、1102b、1107a、1107bに固定する。ここで1101aと1101bとは一体の部材であってもよい。側面部分はレンズが見えるように省略しているが、側面部分にも部材があってもよい。また、空間変調素子1108は、液晶素子205の前後に偏光板206a、206bを設置したものであり、ガラス窓1103a、1103bが両面についたパッケージ1104内に固定されている。そして、上記の、PLC202a、202b、シリンダリカルレンズ203a、コリメートレンズ204a、パッケージ1104は、各々、金属製の台座1105a、1105b、1105c、1105dに固定される。ここで、台座1105a、1105b、1105c、1105dは光学調心用基板1106の上でスライドして平面上の位置を調整することが可能である。また、台座1105a、1105b、1105c、1105dの高さ、向きについてもある程度調整可能なようなジョイント部が設けられている。

[0035] パッケージ1104を、台座1105dに固定するために、例えば、YAG溶接を用いることができる。YAG溶接は、レーザモジュールのパッケージにレンズや光ファイバを接続固定するために、従来、用いられてきた。しかし、YAGレーザからの光を照射したときに位置ズレするため、位置ズレないように部材の形状やYAGレーザの照射方法を工夫する、あるいは、位置ズレした分を補正する必要がある。しかし、これは、以下のように解決され、一度、YAG溶接により固定されれば、その後の経時変化による位置ズレは少なく、信頼性が高いという長所がある。

[0036] 具体的には、光学調心用基板を基準として、各光学部品、PLC、レンズ等をカメラ等で出力フィールドを観察する方法等を用いて、アクティブに光学調心を行う。そしてYAGレーザにより固定する。この操作を繰り返すことにより各部品を順次、安定した状態で、固定可能である。

[0037] なお上記では、実施例1において、YAG溶接固定を用いたが、接続固定するために、例えば、半田、クリーム半田、樹脂接着剤等、を用いてもよい。実施例1においては、損失等の特性の位置ズレトランスがより大きいこと、接着面積がより大きいことから、特性と信頼性の条件を考慮した上で接着固定を採用することも可能である。

[0038] 実施例1において、液晶素子を入れたパッケージは、液晶素子を固定してYAG溶接用のステンレス部材に精度よく接続する。このパッケージは、気密封止用のものであってもよい。パッケージにより、高湿度環境による液晶素子の信頼性の懸念要因を減らすことができる。また、図9で示した遮光パタン904、外部遮光板905を、パッケージ1104内の液晶素子205に設置することも可能である。

[0039] また、波長ブロッカ200において、任意の波長をブロックするために、液晶素子205の消光比を、例えば、40dB以上の高い消光比に設定することができる。液晶素子205の消光比に、十分なマージンを持ちたいときには、液晶素子205を2個重ね合わせて用いることもできる。例えば、液晶素子205の消光比が、1個で30dBしかないときも、液晶素子205を2個直列に重ねれば、60dBの消光比を得ることができる。

実施例 2

[0040] 図12は、実施例2に係る波長ブロッカ1200の平面図を示している。波長ブロッカ1200は、以下で言及する事項を除き、実施例1に係る波長ブロッカ200と同一である。実施例2に係る波長ブロッカ1200は、石英ガラスで作製されたAWG1201a、1201bを含むPLC1202a、1202b、シリンダリカルレンズ203a、203b、液晶素子205と偏光子206a、206bからなる空間変調素子1108を有する。AWG1201aは、図3に示されている実施例1に係るAWG201aに比べ、ビームの進行方向に対して左右方向の広がりを抑制した設計にしている。この工夫により、実施例2では、実施例1で用いていたコリメートレンズ204a、204bを、省略することができる。その結果、部品点数、実装コストを削減できる。

[0041] 図13は、実施例2に係る波長ブロッカ1200の側面図である。実施例2では、PLC1202a、1202b、シリンダリカルレンズ203a、203bについては、金属板、例えばステンレス板、またはステンレス枠に、低融点ガラス、あるいは、かしめて、あるいは半田等により、光学調心用部材1101a、1101b、1107a、1107bに固定する。その固定の詳細は、実施例1と同様である。

[0042] 図14は、実施例2に係る波長ブロッカ1200の実装例を示す平面図である。さらに、図15は、実施例2に係る波長ブロッカ1200の実装例を示す側面図である。図14および図15において内容物が見えるように部材の一部を省略している。調心用部材11

01a、1101b、1107a、1107bについては、通常のLDモジュールと光ファイバの接続のYAGレーザ溶接による接続固定に用いられているステンレス部材と同様の機能をもつように設計されている。すなわち、任意に決められた座標軸に従って、X、Y、Z軸方向に微調して光学的に結合損失が最小になるように調心した後に、YAGレーザにより接続固定できる形状のものを用いている。

[0043] また要求される特性によっては、PLC1202a、1202bと空間変調素子1108とを冷却効果のあるペルチェ素子等により、例えば、25°Cに一定にすることが望ましいが、実施例2に係る波長ブロッカ1200は、実施例1に比べ、コリメートレンズがない分、PLCと空間変調素子がより接近しており、両者を同じ25°Cにする実装設計がより容易である。

実施例 3

[0044] 図16は、実施例3に係る波長ブロッカ1600の側面図を示している。波長ブロッカ1600は、実施例2に係る波長ブロッカ1200と比べ、ガラスブロック1601を用いることにより、部品の接着面1602の接着面積が大きくすることができ、より接着剤固定に適している。図17に、ガラスブロックの使用例として、PLC1701と光ファイバアレイ1702を、ガラスブロック1703を用いて、接着面1704aと1704bに接着剤を塗布して接着することにより接続固定した例を示す。このような接続は、既に商品化され信頼性も十分に高い。波長ブロッカ1600は、この実績ある接着剤固定を用いている。波長ブロッカ1600では、PLC1202aの上下にガラスブロック1601a、1601hが接着された後、PLC1202aの端面が研磨されている。シリンダリカルレンズ203aについても、シリンダリカルレンズ203aの上下にガラスブロック1601b、1601gを同様に接着する。あるいは、シリンダリカルレンズ203aの材質も、ガラスブロック1601b、1601gの材質と同様であるので、シリンダリカルレンズ203aとガラスブロック1601b、1601gとを一体で金型により鋳造して形成して作製することも可能である。シリンダリカルレンズ203bについても同様である。あるいは、端面が球面形状になっているシリンダリカルレンズを用いても良い。このシリンダリカルレンズは形状が直方体であるため、接着剤による接続固定を容易に行うことができる。

[0045] 空間変調素子1108に含まれる偏光子206a、206bや液晶素子205もガラス基板

により作製されている。したがって、これらを互いに順次接着固定することにより波長ブロッカ1600を作製することもできる。偏光子206a、206bの材料も、液晶素子205の材料もガラス基板であるため熱膨張係数の差も少なく、接着固定の信頼性もPLC-光ファイバ接続固定と同様に高くすることができる。接着固定の手順は、以下の通りである。まず、各偏光子と液晶素子を微動台にセットし、実際に光を透過させ結合損失を監視しながら調心し良い結合状態に固定する。そして、例えば、UV硬化型の接着剤を偏光子と液晶素子の接続部に流し込み、UV光を照射して固定する。あるいは、光軸に接着剤がこないように光軸の外周部のみを接着固定してもよい。この操作を順次繰り返して、波長ブロッカ1600を作製する。このような接着剤による接着固定で作製すると、高価なYAGレーザが不要である。また、接触により互いの角度が限定されるため、実装時に使用する微動台の調心軸がより少ない。そのため、低価格な実装装置を使用でき、また実装時間が削減できるため、実装コストを低減することができる。

[0046] なお、さらに上記のように作成した波長ブロッカ1600を気密封止用のパッケージに封入してもよい。

実施例 4

[0047] 図18は、実施例3に係る波長ブロッカ1600において、空間変調素子1108の両側のPLC1202aとPLC1202bとを一体化した実施例4に係る波長ブロッカ1800の平面図を示す。

[0048] 波長ブロッカ1800では、2個のAWG1201a、1201bを作製した基板1801に、ダイシングソーにより図18に示されているような縦方向15mm、横方向3mmの直方体の穴1802を形成されており、空間変調素子1108とシリンダリカルレンズ203a、203bとが挿入されている。

[0049] 図19は、波長ブロッカ1800の側面図を示している。図19に示されているように、シリンダリカルレンズ203a、203bには、PLC部品であるAWG1201aとAWG1201bの上面を基準として位置決めができるようにガイド板1901a、1901bが付けられている。ガイド板1901a、1902bは、シリンダリカルレンズ203a、203bを金型による鋳造で作製する際に一体で作製してもよい。あるいは、別の工程で作製されたガイド板190

1a、1902bとシリンドリカルレンズ203a、203bとを、作製後に接着してもよい。

[0050] 以下で説明するように、PLC部品である2個のAWGの位置関係は、一つの1802上のマスクパタン精度で決まっていることから、調心がより容易になり実装もより容易になる。

[0051] 波長ブロッカ1800の実装は、実施例3と同様になされる。すなわち液晶素子205と偏光子206a、206bを予め接着により一体にした空間変調素子1108とシリンドリカルレンズ203a、203bを微動台に独立に固定して、上記の穴1802に、空間変調素子1108を挿入して調心する。この際、監視用の光を用いたアクティブ調心を用いて、特性を監視することにより、より確実な実装が可能である。

[0052] このように、穴1802に、空間変調素子1108を挿入することにより、PLC部品(AWG1201aとAWG1201b)および空間変調素子1108との調心はマスクパタン精度で予め取れていることから、調心する必要のある部品点数が減り実装時間および実装コストを削減できる。

実施例 5

[0053] 図20は、実施例5に係る波長ブロッカ2000の平面図を示す。実際の光通信システムにおいて、波長ブロッカ1800を使用するためには、入射光の偏波状態が変化しても光学特性が変わらない状態で、すなわち、偏波無依存で使える必要がある。しかし、液晶素子205を含む空間変調素子1108自体は偏波依存性があるため、波長ブロッカ1800を偏波無依存化する必要がある。波長ブロッカ2000は、以下で説明するように、偏波無依存動作を実現している。入力光ファイバ2001と出力光ファイバ2002は、サーキュレータ2003に接続され、その先に偏波ビームスプリッタ(PBS)2004が接続されている。入力光2005は、入力光ファイバ2001を通る。PBS2004において入射光2005は偏波により分離され、例えば、図20で右側(信号a(2006))には紙面に垂直な偏波方向、左側には紙面に平行な偏波方向の光(信号b(2007))が進行する。ここで、PBS2004とAWG1201a、1201bとの間は偏波保持光ファイバ2008、2009により結ばれており、左側の偏波保持光ファイバ2007の主軸のみをPBS2004とAWG1201aとの間で90度回しておくこと、AWG1201aには紙面に平行な光が進行することになる。その結果、偏波依存性のある空間変調素子1108の液晶素

子205には片偏波の信号しか通らない。このようにして、実施例5により、偏波依存性のある空間変調素子1108を、偏波無依存で用いることができるようになる。

[0054] なお、偏波保持光ファイバ2007の主軸を90度回転させて偏波の方向を回す例を示したが、偏波の方向を回転する手段として、1/2波長板など他の手段を用いてもよい。

実施例 6

[0055] 図21は、実施例6に係る波長ブロッカ2100の平面図を示す。波長ブロッカ2100は、波長ブロッカ2000と同様に、偏波依存性のある空間変調素子1108を偏波無依存で使えるようにした。図21に示されているように、波長ブロッカ2000は、波長ブロッカ2000のAWG1201a、1201bを二個AWGからなるAWG群2101a、2101bに置き換えており、光入力信号2102は、PBS2103で偏波方向により分離され、光信号a(2104)、光信号b(2105)となる。ここで、PBS2103とAWG群2101aとの間は偏波保持光ファイバ2106、2107によって結ばれており、実施例5と同様に、光回路2101aの2個のAWGに入射する光の偏波方向は共に紙面に平行になるようにする。PBS2103で偏波分離された光波はその偏波状態を保持したままAWG群2101aに入射される。結果として、AWG群2101aに入力する偏波方向は、共にAWG群2101aに対して平行な方向に向くよう制限される。その結果、空間変調素子1108に対しては、基板1801と平行な偏波のみが入力する。そして、偏波が、空間変調素子1108を通過して、AWG群2101bを伝搬した後、出力側の偏波保持ファイバ2108、2109を伝搬し、PBS2110により合波して、右側の光出力信号2111として出力される。以上のように、波長ブロッカ2100により、偏波依存性のある液晶素子を偏波無依存で用いることができる。

実施例 7

[0056] 図22は、実施例7に係る波長ブロッカ2200の平面図を示す。図22に示されているように、波長ブロッカ2200では、基板2201に、ダイシングにより溝2202、2203a、2203bが作製されており、溝2202に薄くした液晶素子205が挿入されている。このような構造にすることにより、溝に挿入して固定すればよいため、図18に比べ実装がより容易になるという効果がある。

[0057] 図22に示されているように、波長ブロッカ2200は、液晶素子205の左右に、AWG 2204a、AWG2204bを有し、液晶素子を挿入する場所には、幅 $200\mu\text{m}$ の溝2202がダイシングソーにより形成され、その左右には図のように偏光子206a、206bを挿入するための溝2203a、2203bが幅 $100\mu\text{m}$ で形成されている。そして、液晶素子205については挿入場所をアクティブ調心により確認して位置決めを行い、その後、UV光硬化型の接着剤により固定した。また偏光子206a、206bについては、透過する偏波方向が横向きに切り出したものを各々UV光硬化型の接着剤により固定した。溝による透過損失を低減するために、比屈折率差 Δ がより小さい比導波路を用いている。

実施例 8

[0058] 図23は、実施例2に係る波長ブロッカ1200において、空間変調素子1108の後方に反射素子2301を設け、光信号を反射して折り返し、反射させた構造を採用した実施例8に係る波長ブロッカ2300の側面図を示す。波長ブロッカ2300の特徴として、シンドリカルレンズ203aは、空間変調素子1108方向への入力光2302(入力光2302は、AWGを含むPLC2304aを通る。)と、反射した出力光2303(出力光2303は、AWGを含むPLC2304bを通る。)の両方のためのレンズを兼ねており、レンズの数が少なくてすむ。また調心用部材も少なくて済む。その結果、波長ブロッカ1200に比べて、さらに部品点数を削減し、実装時の調心が所少なくなるため、部材コスト、実装時間、実装コストを、さらに削減できる効果がある。なお、図23では、シンドリカルレンズの数は、1個であるが、波長ブロッカ200のようにPLC2304a、2304bと空間変調素子1108との間のレンズの数を2個にしてもよい。また、図23では、PLC2304aとPLC2304bとの間に空隙を設けているが、レンズ等の光学設計を工夫することにより、PLC2304aとPLC2304bとを接着してもよい。あるいは、波長ブロッカ2300において、PLC2304a、2304bを各々裏返して、PLC2304a、2304bのAWGの面を調心用治具に固定してもよいし、PLC2304a、2304bのAWGがない面同士を張り合わせた構造にしてもよい。

[0059] なお、波長ブロッカ2300においても、波長ブロッカ200と同様に、消光比を高くするために、空間変調素子1108で2個の液晶素子205を直列に重ねてもよい。波長ブ

ロックカ2300は、液晶素子205の後方で光が反射する型であり、液晶素子205を2個重ねると、偏光子に挟まれた液晶素子を光が2回通過するために、消光比を高くすることができる。

[0060] また、波長ブロック2300では、液晶素子内のガラス面や偏光子に対して、光軸が斜めに入射するため、空間変調素子1108の背面の反射素子2301を空間変調素子1108に平行にして斜めにするこなしに、反射光ノイズを -40dB 以下にでき、実装が容易になる。

[0061] なお、ここでは、空間変調素子1108をパッケージ2305に封入した例を示したが、パッケージ2305がない構造としてもよい。そのときに、気密封止が必要なら、全体を気密封止用パッケージに入れてもよい。波長ブロック2300は、入出力光ファイバの本数が少ないため、モジュール全体を気密封止パッケージに封入することは容易である。入出力光ファイバについては、メタルファイバを用いて、パッケージとの接触部分を半田等で封止すればよい。

実施例 9

[0062] 図24は、実施例8に係る波長ブロック2300と同様に空間変調素子1108の直後に反射素子2301を設けて反射させる構造であり、さらに入射側のAWG2401、液晶素子から出射される側のAWG2402を1個のPLC2403に設置した実施例9に係る波長ブロック2400の平面図を示している。

[0063] 波長ブロック1200においては、空間変調素子1108に対して垂直に光が入射するが、波長ブロック2400においてはAWG2401からの光が、図24に示されているように斜めに空間変調素子1108に入射し、出力側のAWG2402に、光が入力するように設計されている。

[0064] また、波長ブロック2400では、液晶素子内のガラス面や偏光子に対して、光軸が斜めに入射するため、液晶素子の背面のミラーを液晶素子に平行にして斜めにするこなしに、反射光を -40dB 以下にできる。

[0065] なお、実施構造は、図13のようなものでもよいし、図14のようなものでもよい。

[0066] 波長ブロック2400の特徴は、2個のAWG2401、2402が1枚のPLC2403に作製されているため、AWG1枚あたりのPLCの面積が小さくすみ、またシリンダリカルレン

ズ203aも1枚ですむため部材コストを低減できる。また実装時に調心すべき、PLCやレンズの部品点数が減るため、実装コストも低減できる。

実施例 10

[0067] 図25と図26は、入力側のAWGと出力側のAWGとして同一のAWG2501を用いた実施例10に係る波長ブロッカ2500の平面図を示している。図27は、波長ブロッカ2500の側面図を示している。波長ブロッカ2500では、出力された光信号2503と入力された光信号2504は、入り口に設置されたサーキュレータ2502により分離して用いられる。すなわち光信号2505はAWG2501に入射して、空間変調素子1108で各波長ごとに空間的に分離される。そして各波長に対応する光信号は、空間変調素子1108を通過後、反射素子2301により反射され再び空間変調素子1108を通過した後同じAWG2501で各波長を合波された光信号2506となる。ここで空間変調素子1108までの光路において、各波長信号に対応する光強度は調節されたり、遮断される。そして、右から左に進行した出力信号光2506は、出力部にあるサーキュレータ2502により入力光信号2504から分離され、出力光信号2503として進行する。

[0068] 実施例1～9の波長ブロッカを透過型と呼ぶのに対して実施例10の波長ブロッカを反射型と呼ぶ。

[0069] なお、実施例8と実施例9において、光は反射しているが、入力側AWGと、出力側AWGとが別であるので、ここでは、透過型として分類する。

[0070] この反射型においては、ミラーよりも手前の光学面、例えば、液晶素子用ガラス基板、レンズ面等からの反射光が信号光にノイズとして混ざってしまうため、反射光ノイズ対策が必要となる。ちなみに、波長ブロッカにおいては、遮断時の消光比が40dB以上といった厳しい特性を要求されることもあり、この途中の光学面からの反射ノイズは、無反射コート(典型的な反射減衰量-30dB)による反射低減対策では不十分なときもある。

[0071] そのため、実施例10では斜め端面を用いることにより反射光を低減した。図27に示したように、PLC部品であるAWG2501の端面2701を各々、例えば4～16度傾けている。また反射素子2301もその端面の傾きに対応する光軸分だけ傾けている(

図では傾きを誇張している)。このように傾けることにより、途中の反射面(具体的には、AWG2501の端面、シリンドリカルレンズ203aの端面、空間変調素子1108に含まれる偏光子206aの表と裏面、液晶素子205のガラス基板602a、602bの表と裏面)が全て光軸に対して垂直より傾けさせられる。そのため、それらの面からの反射戻り光の値を信号光強度に対して例えば-40dB以下に低く押さえることが可能である。

[0072] この反射型の波長ブロッカをモジュール化するためには、実施例1、実施例2、実施例3と同様に、光学基準板に調心固定する、あるいは、図26と図27に示したように、各部品を互いに直接調心接続し、実施例3と同様に端面を接着剤で接続する必要がある。いずれも透過型の波長ブロッカにおける実装とほぼ同様であり、しかも、部品点数が少ない分だけ容易であり、製造コストも削減できる。

[0073] 実施例1の透過型の波長ブロッカと実施例10の反射型の波長ブロッカとを比較すると、反射型の波長ブロッカの利点として、AWGや各種レンズの部品の個数が、典型的には各1個少なく済み、製造コストを減らすことができる。さらに、調心箇所も少ないため、実装コストも低コスト化することが可能である。

[0074] なお図25では透過型の図12に対応するように、コリメートレンズを省いているが、図2のようにコリメートレンズも加えてもよい。

実施例 11

[0075] 図28は、実施例10に係る波長ブロッカ2500と光学的に同様の構造で、AWG2501と空間変調素子1108とにガラスブロック2901を接着固定するように、作製した実施例11に係る波長ブロッカ2800の平面図を示す。図29は、波長ブロッカ2800の側面図を示す。実施例11の反射型の波長ブロッカ2800を透過型にすると、実施例3に係る波長ブロッカ1600に対応する。

[0076] 波長ブロッカ2800において、部材を固定するためにYAG溶接を用いることも可能である。

[0077] また、空間変調素子1108に含まれる液晶素子205のガラス基板602a、602bを薄くして、AWG2501からの出射光の広がりを低くし、かつ液晶素子205から反射素子2301への距離を近くすることにより、波長ブロッカ2800をレンズレスにすることも可能である。

実施例 12

[0078] 図30に、AWG3001と液晶素子205との間に光路を液晶素子205の方向に垂直に跳ね上げるミラー面3002を挿入した実施例12に係る波長ブロッカ3000の側面図を示す。波長ブロッカ3000において、AWG3001を含むPLC3004は、メタルブロック3003に半田により固定されている。そして、メタルブロック3003に、ミラー面3002が形成されている。そして、AWG3001から出射され、液晶素子205へ向けて、ミラー面3002により上方に跳ね上げられた光は、レンズ3005を介して偏光子206a、206bに挟まれた液晶素子205に入射する。そして、偏光子206bの上方の反射素子2301で反射されて元の光路を戻っていく。このような実装の利点として、レンズ3005、偏光子206a、206b、液晶素子205、反射素子2301を水平に積み上げていくことにより、接地面積が多くして実装しやすい点がある。各々の部品は、適当な治具と組合せて最適な結合位置で、YAG溶接、あるいは半田、接着剤等により固定していけばよい。

[0079] なお、図30には示されていないが、波長ブロッカ3000では、反射防止のために、PLC端面3006と反射素子2301とを各々例えば4度から12度傾けた方がよい。

[0080] またミラー面3002に凹面鏡を作製することも可能である。あるいはガラス上に今上着して作製した凹面鏡を金属に固定して同等のものを作製してもよい。ミラーとして凹面鏡を用いた時には、レンズ3005を省略することも可能である。

実施例 13

[0081] 図31に、凹面鏡3105を有する実施例13に係る波長ブロッカ3100の側面図を示す。波長ブロッカ3100は、ガラスブロック3101により接触面積を広げたAWG3102を搭載したPLC3103、空間変調素子1108、凹面鏡3105を有する。PLC3103は、端面の接触面積を広げるために、厚さ1~2mmのガラスブロック3101を接着剤で貼り付けられた後、約8度に斜めに研磨されている。

[0082] AWG3102から出射した光は、空間変調素子1108を通過し、平面ミラーではなく凹面鏡3105の凹面3104で反射される。この凹面鏡3105のレンズ効果により空間変調素子1108の手前のレンズを省くことが可能になる。レンズが省かれた分だけ部品点数が少なく実装が容易になる。但し、図31に示されているように、上下方向の光

の広がりには凹面鏡3105で絞ることができる。しかし、光の各波長成分について横方向の光の広がりが、個別に絞られているわけではない。したがって、空間変調素子1108を、横方向の光の広がりを個別に絞るために、薄くすることが望ましい。

[0083] なお、図31では空間変調素子1108の手前のレンズを省いた例が示されているが、ここにレンズを挿入してもよい。

実施例 14

[0084] 図32は、実施例14に係る偏波無依存化された波長ブロッカ3200の平面図を示す。以下で詳細に説明するように、実施例14と同様にして、実施例10～13に係る反射型の波長ブロッカ2500、2800、3000、3100を全て偏波無依存化することができる。これは透過型の波長ブロッカ2100に対応するものである。

[0085] 入出力光ファイバは、サーキュレータ3204に接続され、その先にPBS3205が接続されている。PBS3205とPLC3203との間は偏波保持ファイバ3208、3209によって結ばれている。入射光3207はサーキュレータ3204からPBS3205に向かい、PBS3205において入射光3207は偏波により分離され、例えば、図32において、光ファイバ3208には紙面に垂直な偏波方向、光ファイバ3209には紙面に平行な偏波方向の光が進行する。ここで左側の偏波保持ファイバ3208の主軸をPBS3205とAWG3201との間で90度回しておく、AWG3201には紙面に平行な光が進行することになる。その結果、AWG3201とAWG3202に各々入射する光は同じ偏波方向の光となり、偏波依存性のあるモジュールを、偏波無依存で用いることができるようになる。

[0086] なお、図32においては、偏波分離用の素子として光ファイバピグテール型のPBSの例を示したが、例えば、石英系PLCにより、PBSを作製してもよい。そのときには、図32のPLC3203の入力側に、同一基板上にPBS回路を作製するか、PBSを作製したPLCと図32のPLC3203とを、PLC-PLC接続により接続する。このようにすると一層小型化が可能となる。

[0087] なお、実施例14では、偏波保持ファイバの主軸を90度回転させて偏波の方向を回す例を示したが、偏波の方向を回転する手段として、1/2波長板など他の手段を用いてもよい。

[0088] なお、偏波無依存化された波長ブロッカの代表的な例として、実施例14を示したが、上記のようにして、実施例11～13の反射型の波長ブロッカも同様に偏波無依存化できる。

実施例 15

[0089] 図33は、実施例15に係る偏波無依存化された波長ブロッカ3300の側面図を示す。図32に示されているように、波長ブロッカ3300は、シリンダカルレンズ203aと液晶素子205との間に偏波分離器3303を挿入する型の波長ブロッカである。

[0090] AWG3301を出射した光は、シリンダカルレンズ203aを通過して、偏波分離器3303によりその偏波方向に従って上下に空間的に分離される。この場合、偏波分離器3303のパッケージの内部に光は封入され、水平方向の偏波の光は下側、垂直方向の偏波の光は、上側に分離し、偏光子206a、206bに挟まれた液晶素子205に入射する。ここで、上側の光軸の偏光子206aの表面には、1/2波長板3304が、斜め45度方向を主軸として張られているため、上側の光3306も偏光子206aに入射するとき、水平方向の偏波成分のみとなっており、上側の光3306と下側の光3307の偏波状態は同一になる。従って、実施例15の波長ブロッカは、偏波無依存の動作が可能となる。波長ブロッカ3300では、実施例14に係る波長ブロッカ3200のような光ファイバの引き回しが少なく、波長ブロッカをコンパクトにできる。

[0091] なお、波長ブロッカ3300は、実施例2に係る波長ブロッカ1200のように、YAG溶接に適した実装構造であるが、他の実装構造、例えば、実施例11に係る波長ブロッカ2800で用いられている接着固定に適した実装構造で実装することも可能である。

実施例 16

[0092] 図34は、実施例16に係る偏波無依存化された波長ブロッカ3400の側面図を示す。波長ブロッカ3400は、他の偏波無依存化された波長ブロッカであり、実施例15に係る偏波無依存化された波長ブロッカ3300を透過型で実現したものである。

[0093] 波長ブロッカ3400に入力された光信号3406は、PLC3403の有するAWG3404から出射し、シリンダカルレンズ203aを通過して、偏波分離器3410により、光の偏波方向に従って、上下に空間的に分離される。この場合、偏波分離器のパッケージの内部に光は封入され、水平方向の偏波の光は上側、垂直方向の偏波の光は下側

に分離し、偏光子206a、206bに挟まれた液晶素子205に、光は入射する。ここで、下側の光軸の偏光子206aの表面には、1/2波長板3304が斜め45度方向を主軸として張られているため、下側の光3407も偏光子206aに入射するときには、水平方向の偏波成分のみになっており上側の光3408と偏波状態は同じになる。従って、波長ブロッカ3400は偏波無依存の動作が可能となる。最終的に、反射素子2301により反射された光は、偏波分離器3409で合波され、PLC3401の有するAWG3402を通過して光信号3405が出力される。

- [0094] 波長ブロッカ3400の特徴は、実施例5に係る波長ブロッカ2000における、サーキュレータ2003やPBS2004が不要である点である。
- [0095] 波長ブロッカ3400では、偏波分離器3409、3410を重ねて使用されているが、これらを一個の偏波分離器で置き換えてもよい。波長ブロッカでは、偏波を分離して、液晶素子205に入射する際にその分離した偏波の偏光方向をそろえて偏波無依存化する機能のみ満たしていれば、偏波分離器の向き、形態、偏波が分離する方向等は特に限定しない。
- [0096] なお、図34では、実施例2の透過型の波長ブロッカと同様に、YAG溶接に適した実装構造を波長ブロッカ3400として示したが、他の実装構造、例えば、実施例11に係る波長ブロッカ2800で用いたような接着固定に適した実装構造で実装することも可能である。
- [0097] また、波長ブロッカ3400は、液晶素子内のガラス面や偏光子に対して、光軸が斜めに入射するため、液晶素子205の背面の反射素子2301を液晶素子205に平行にして斜めにするこゝとなしに、反射光を例えば-40dB以下に大きく低減できる。これにより実装が容易になるという利点が生ずる。

産業上の利用可能性

- [0098] 本発明の光ブロッカは、光通信システムに利用することができる。

請求の範囲

- [1] 入力された波長分割多重化光信号に含まれる任意の波長の光信号の強度を個別に調整することが可能な複数の光部品を有する波長ブロックであって、
前記波長分割多重化光信号が入力される入力側光ファイバと、
前記波長分割多重化光信号に含まれる前記光信号を分波する入力側の光学素子と、
前記光学素子で分波された光信号を伝える入力側の波面制御素子と、
前記入力側の波面制御素子を通過し、空間で各波長に分波された光信号を波長ごとに、前記光信号の強度を調整する空間変調素子と、
前記空間変調素子を通過した光信号を伝える出力側の波面制御素子と、
前記波面制御素子を通過した光信号を合波する出力側の光学素子と、
前記出力側の光学素子を通過した光信号が出力される出力側光ファイバとを備えたことを特徴とする波長ブロック。
- [2] 前記入力側の光学素子を通過した前記光信号のうち、回折次数 m 以外の光は、前記空間変調素子の有する遮光部によって遮光され、回折次数 m (m は整数)の光信号のみが、前記空間変調素子に入力されることを特徴とする請求項1に記載の波長ブロック。
- [3] 入力された波長分割多重化光信号に含まれる任意の波長の光信号の強度を個別に調整することが可能な複数の光部品を有する波長ブロックであって、
前記波長分割多重化光信号が入力される入力側光ファイバと、
前記波長分割多重化光信号に含まれる前記光信号を分波する入力側の導波型光回路と、
前記導波型光回路で分波された光信号を波長ごとに、強度を調整する空間変調素子と、
前記空間変調素子を通過した光信号を合波する出力側の導波型光回路と、
前記出力側の導波型光回路を通過した光信号が出力される出力側光ファイバとを備えたことを特徴とする波長ブロック。
- [4] 前記空間変調素子を通過した前記光信号を曲げるため、あるいは前記光信号を折

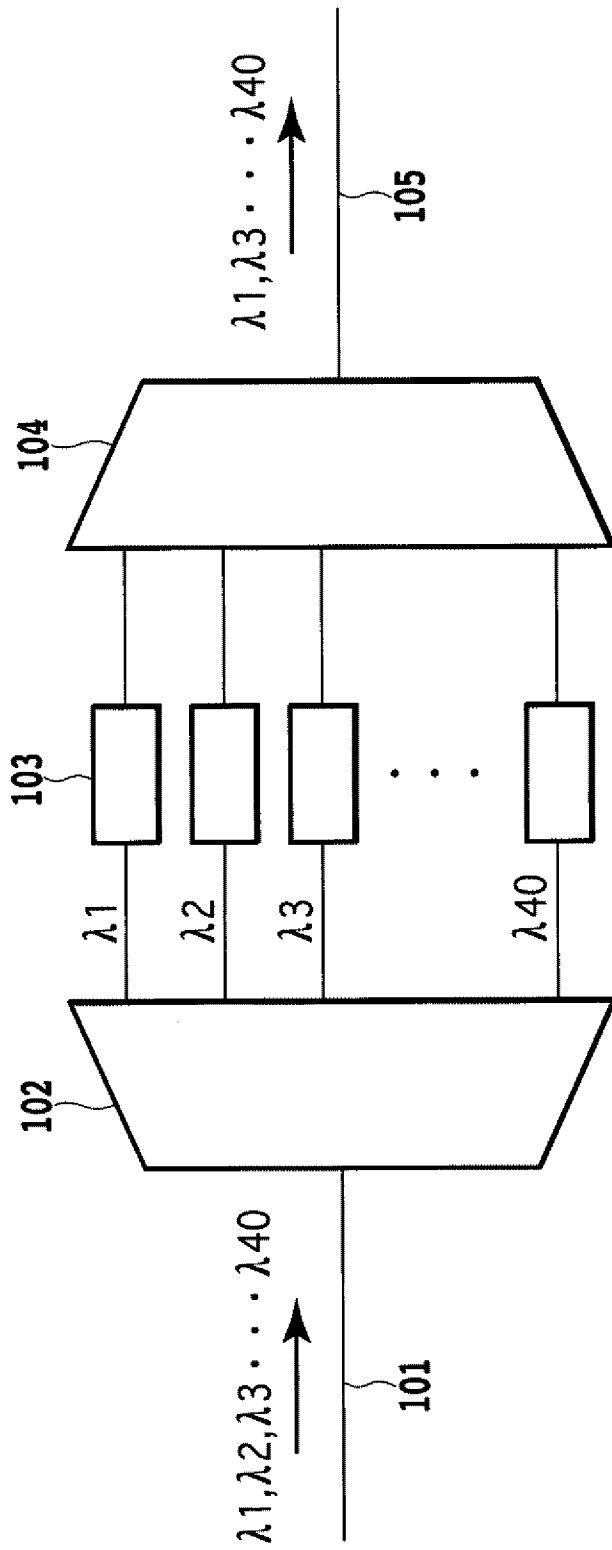
り返すための凹面鏡をさらに備え、前記波長ブロッカが、前記波面制御素子を有する場合、前記入力側の波面制御素子と前記出力側の波面制御素子とが共通のものであることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の波長ブロッカ。

- [5] 前記入力側の光ファイバと前記出力側の光ファイバが接続されたサーキュレータと偏波ビームスプリッタとを有する偏波ダイバーシティ部をさらに備え、前記サーキュレータは、前記偏波ビームスプリッタに接続され、その偏波ビームスプリッタからの2本の出力が、前記入力側の光ファイバと前記出力側の光ファイバに各々接続されることにより偏波無依存型となっていることを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の波長ブロッカ。
- [6] 前記光ファイバを通る光信号の偏波状態を調整し、前記出力側の偏波保持光ファイバの主軸あるいは前記入力側の偏波保持光ファイバの主軸の一方のみを90度回転する偏波調整手段をさらに備え、前記偏波ビームスプリッタの出力と前記光ファイバとの接続は、偏波保持光ファイバによりなされ、前記偏波ビームスプリッタにより偏波分離された前記入力側の偏波保持光ファイバを通る光信号と前記出力側の偏波保持光ファイバを通る光信号の偏波状態は、前記偏波調整手段により同一とされていることを特徴とする請求項5に記載の波長ブロッカ。
- [7] 入力された波長分割多重化光信号に含まれる任意の波長の光信号の強度を個別に調整することが可能な複数の光部品を有する波長ブロッカであって、
前記波長分割多重化光信号が入力される入力側光ファイバと、
前記波長分割多重化光信号に含まれる前記光信号を分波する光学素子と、
前記光学素子により分波された光信号を伝える波面制御素子と、
前記波面制御素子を通過した光信号を波長ごとに、強度を調整する空間変調素子と、
前記空間変調素子を通過した光信号を反射して折り返すことにより、前記空間変調素子に光信号を送り返す反射素子と、
前記空間変調素子に送り返されて、前記波面制御素子を再び通過した光信号を、前記光学素子において合波して波長分割多重化信号として出力する出力側光ファイバとを備えたことを特徴とする波長ブロッカ。

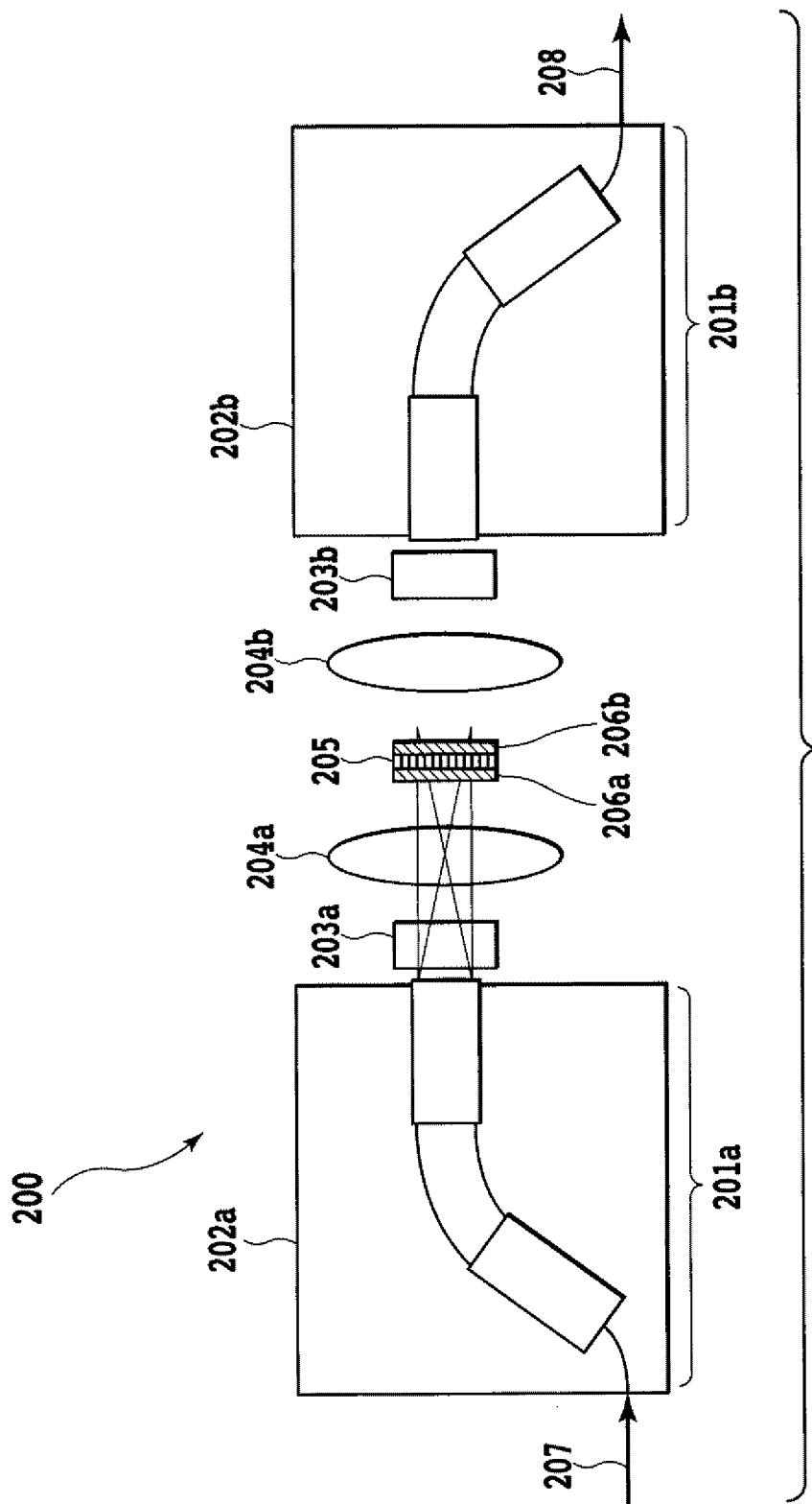
- [8] 入力された波長分割多重化光信号に含まれる任意の波長の光信号の強度を個別に調整することが可能な複数の光部品を有する波長ブロックであって、
前記波長分割多重化光信号が入力される入力側光ファイバと、
前記波長分割多重化光信号に含まれる前記光信号を分波する導波型光回路と、
前記導波型光回路を通過した光信号を変調し、前記光信号の一部を遮光する遮光部を有し、前記光信号の波長ごとに、前記光信号の強度を調整する空間変調素子と、
前記空間変調素子を通過した光信号を反射して折り返すことにより、前記空間変調素子に光信号を送り返す反射素子と、
前記空間変調素子に送り返されて、前記導波型光回路を再び通過した光信号を、前記光学素子において合波して波長分割多重化信号として出力する出力側光ファイバとを備えたことを特徴とする波長ブロック。
- [9] 前記反射素子は、凹面鏡であることを特徴とする請求項8に記載の波長ブロック。
- [10] 前記入力側の光ファイバと前記出力側の光ファイバが接続されたサーキュレータと偏波ビームスプリッタとを有する偏波ダイバーシティ部をさらに備え、前記サーキュレータは、前記偏波ビームスプリッタに接続され、その偏波ビームスプリッタからの2本の出力が、前記入力側の光ファイバと前記出力側の光ファイバに各々接続されることにより偏波無依存型となっていることを特徴とする請求項8または9のいずれかに記載の波長ブロック。
- [11] 前記光ファイバを通る光信号の偏波状態を調整し、前記出力側の偏波保持光ファイバの主軸あるいは前記入力側の偏波保持光ファイバの主軸の一方のみを90度回転する偏波調整手段をさらに備え、前記偏波ビームスプリッタの出力と前記光ファイバとの接続は、偏波保持光ファイバによりなされ、前記偏波ビームスプリッタにより偏波分離された前記入力側の偏波保持光ファイバを通る光信号と前記出力側の偏波保持光ファイバを通る光信号の偏波状態は、前記偏波調整手段により同一とされていることを特徴とする請求項10に記載の波長ブロック。
- [12] 請求項10または11の2個の波長ブロックに対応する各々の空間変調素子が一体で作製されていることを特徴とする請求項10または11のいずれかに記載の波長ブ

ツカ。

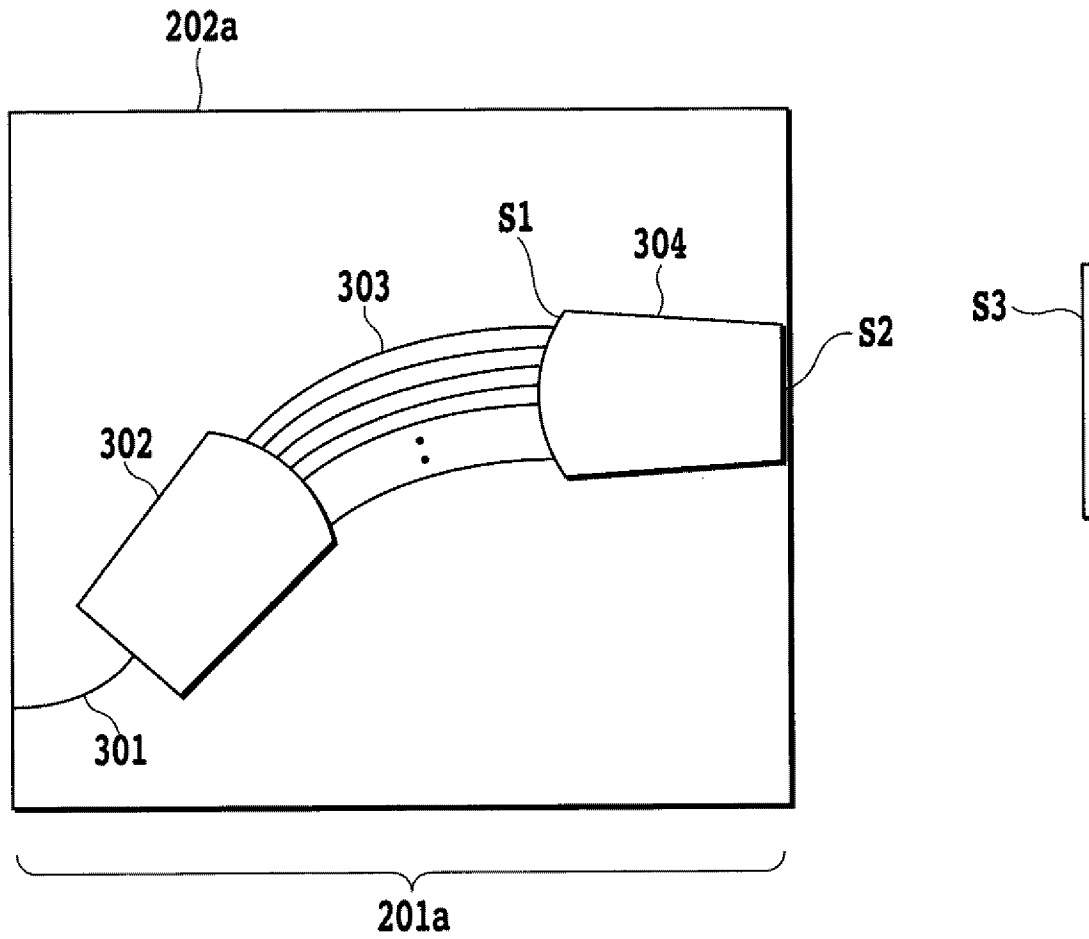
[図1]



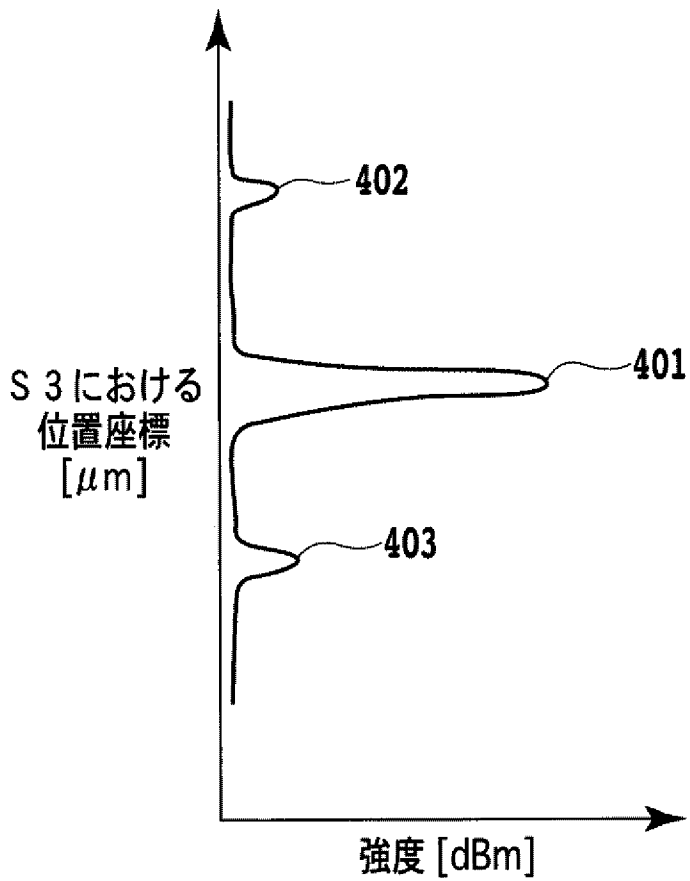
[図2]



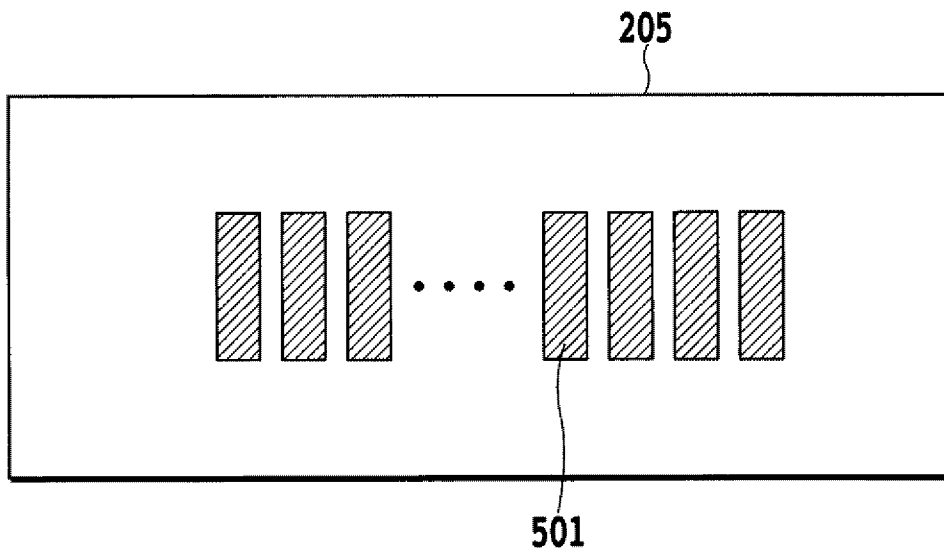
[図3]



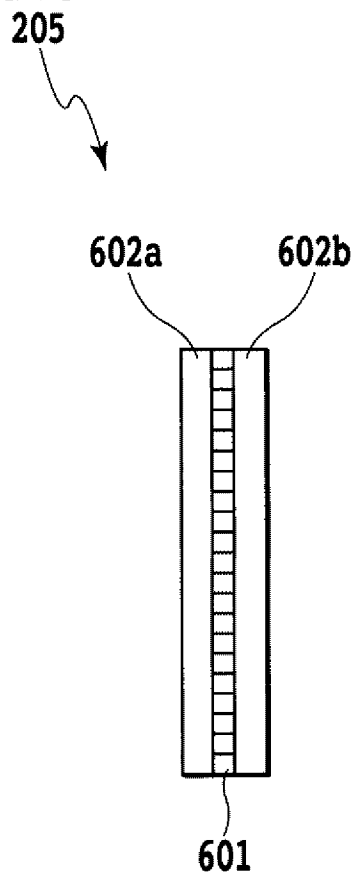
[図4]



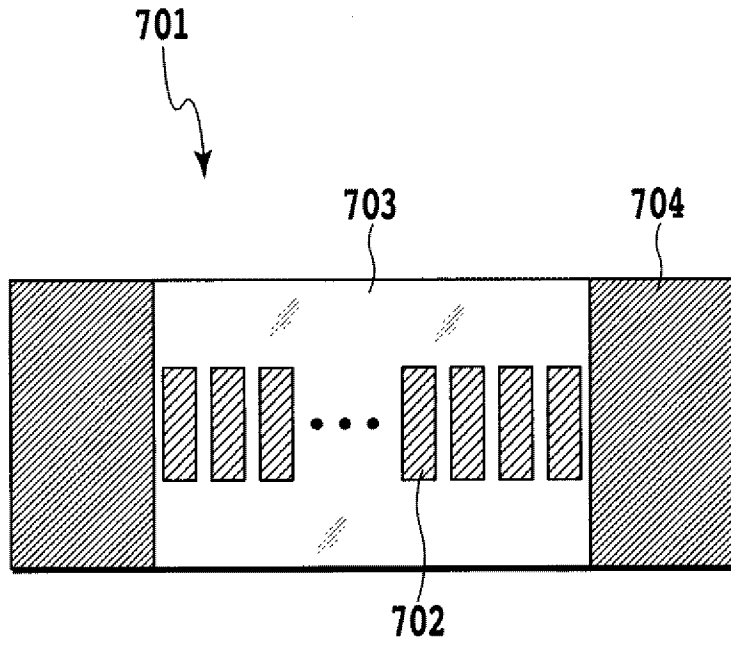
[図5]



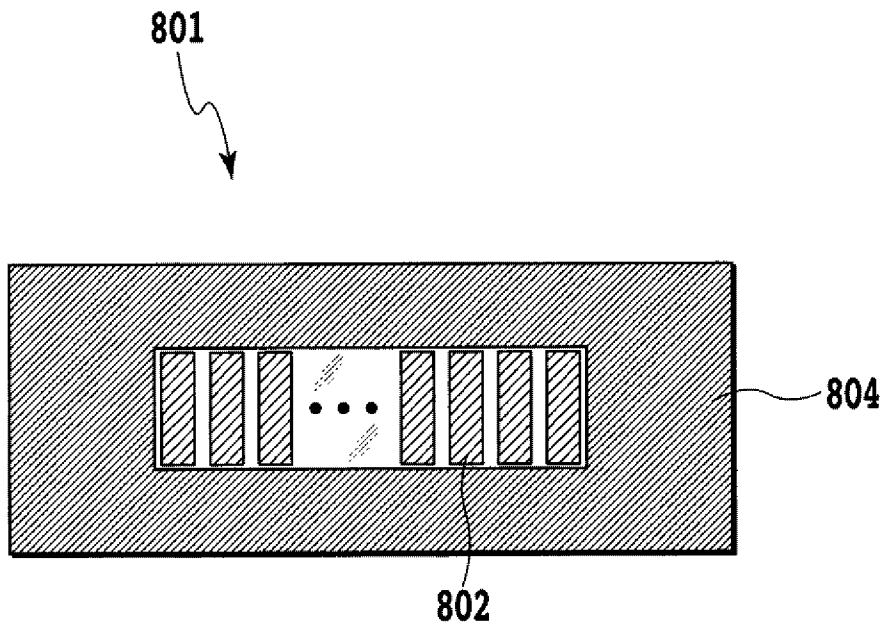
[図6]



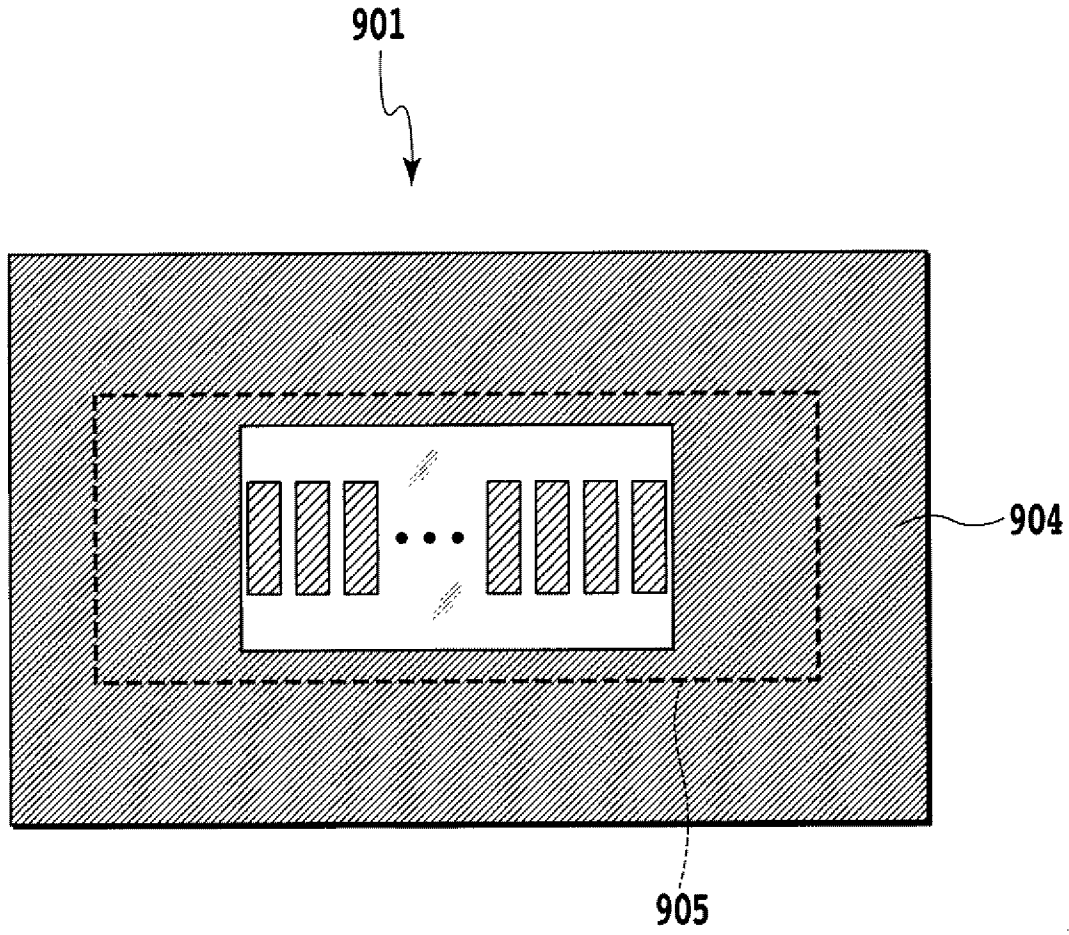
[図7]



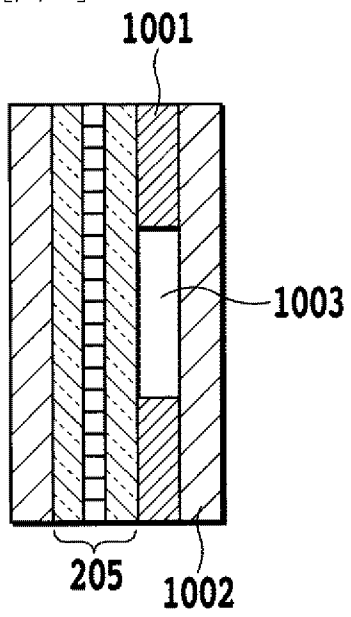
[図8]



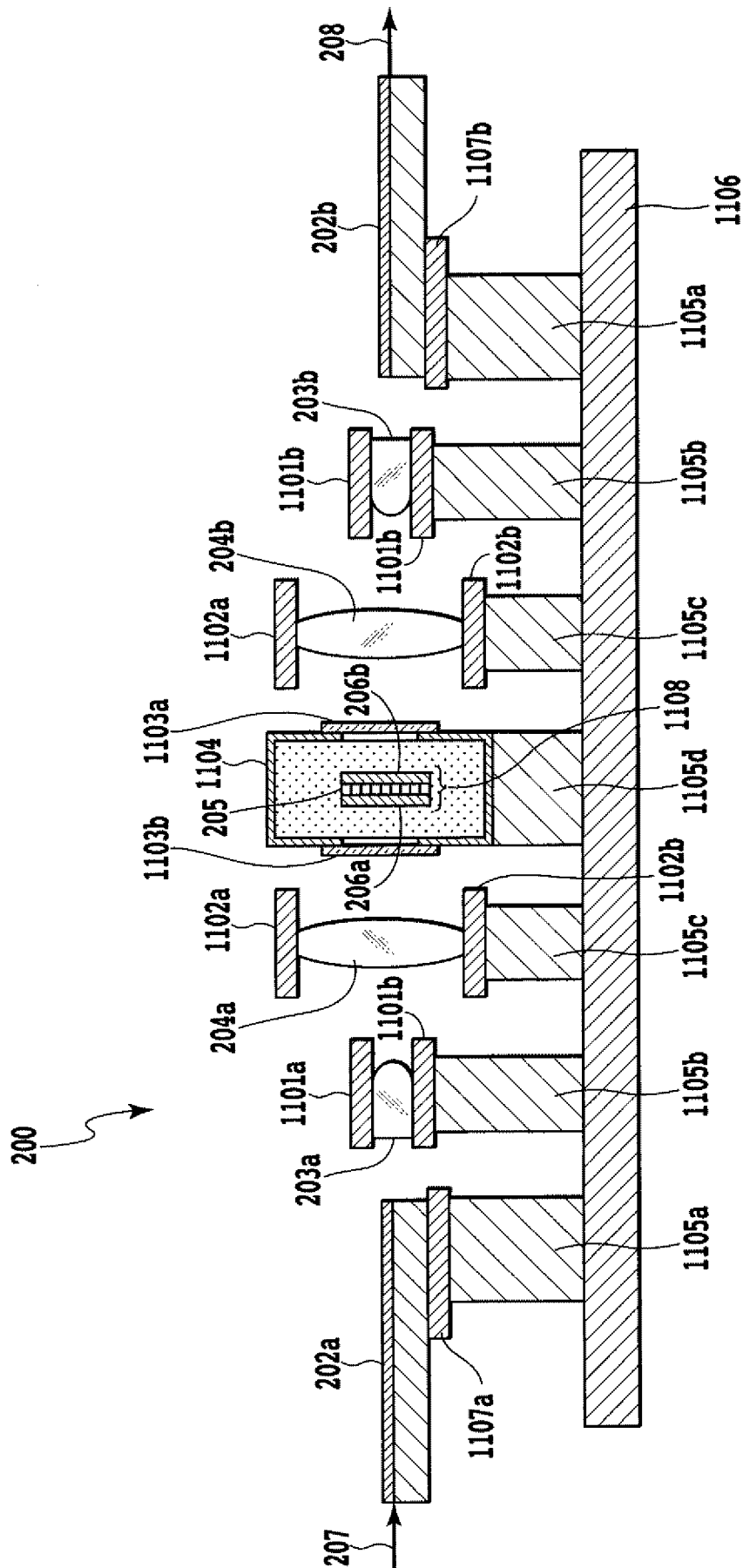
[図9]



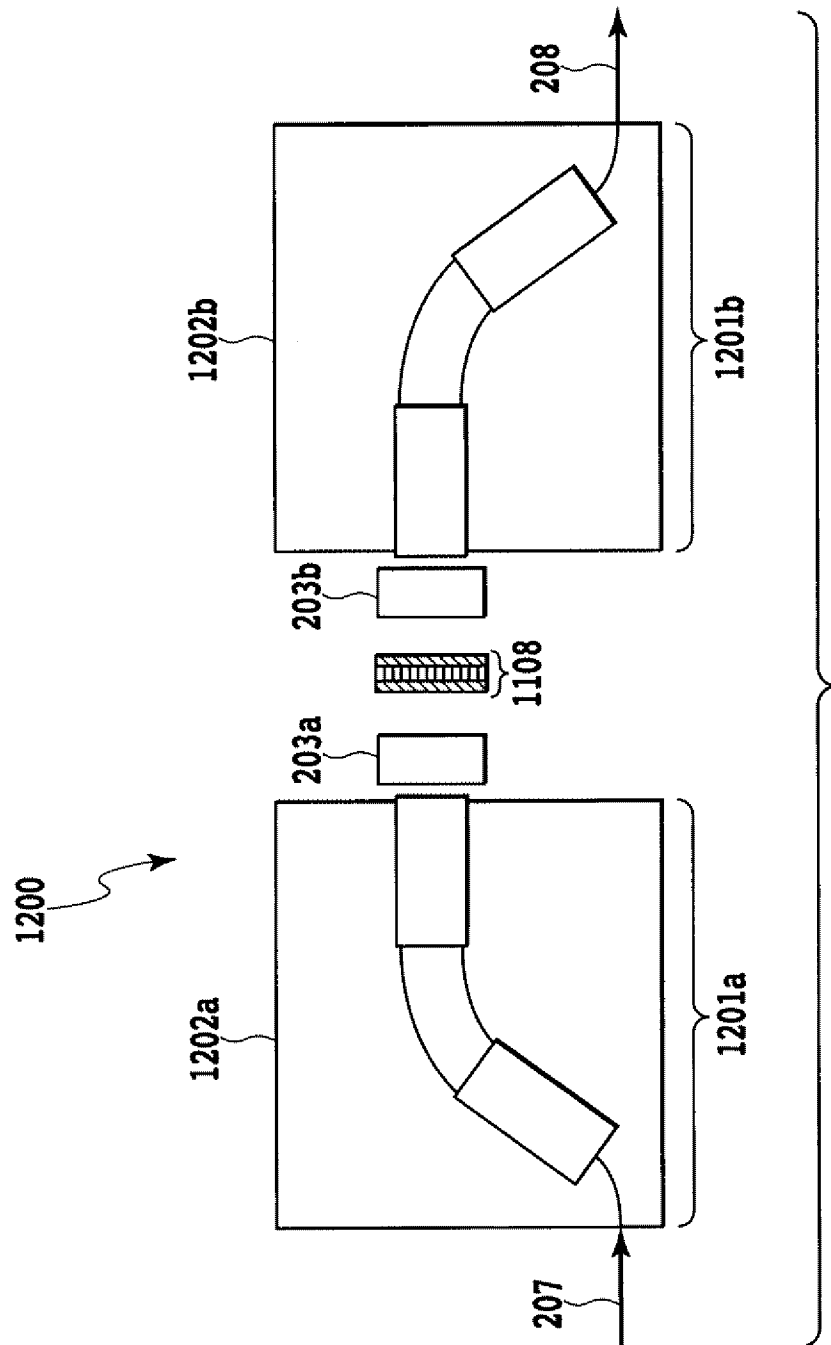
[図10]



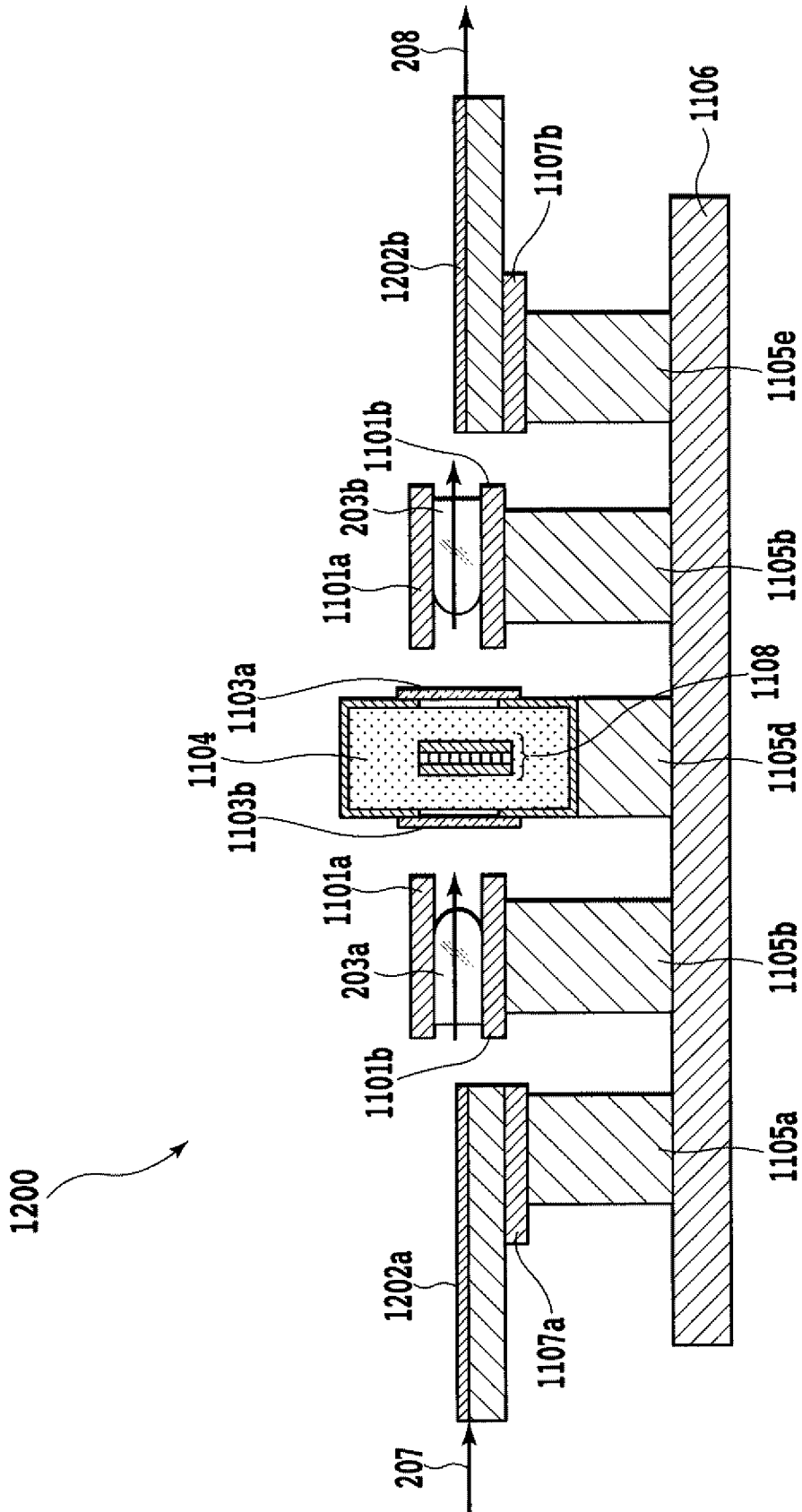
[図11]



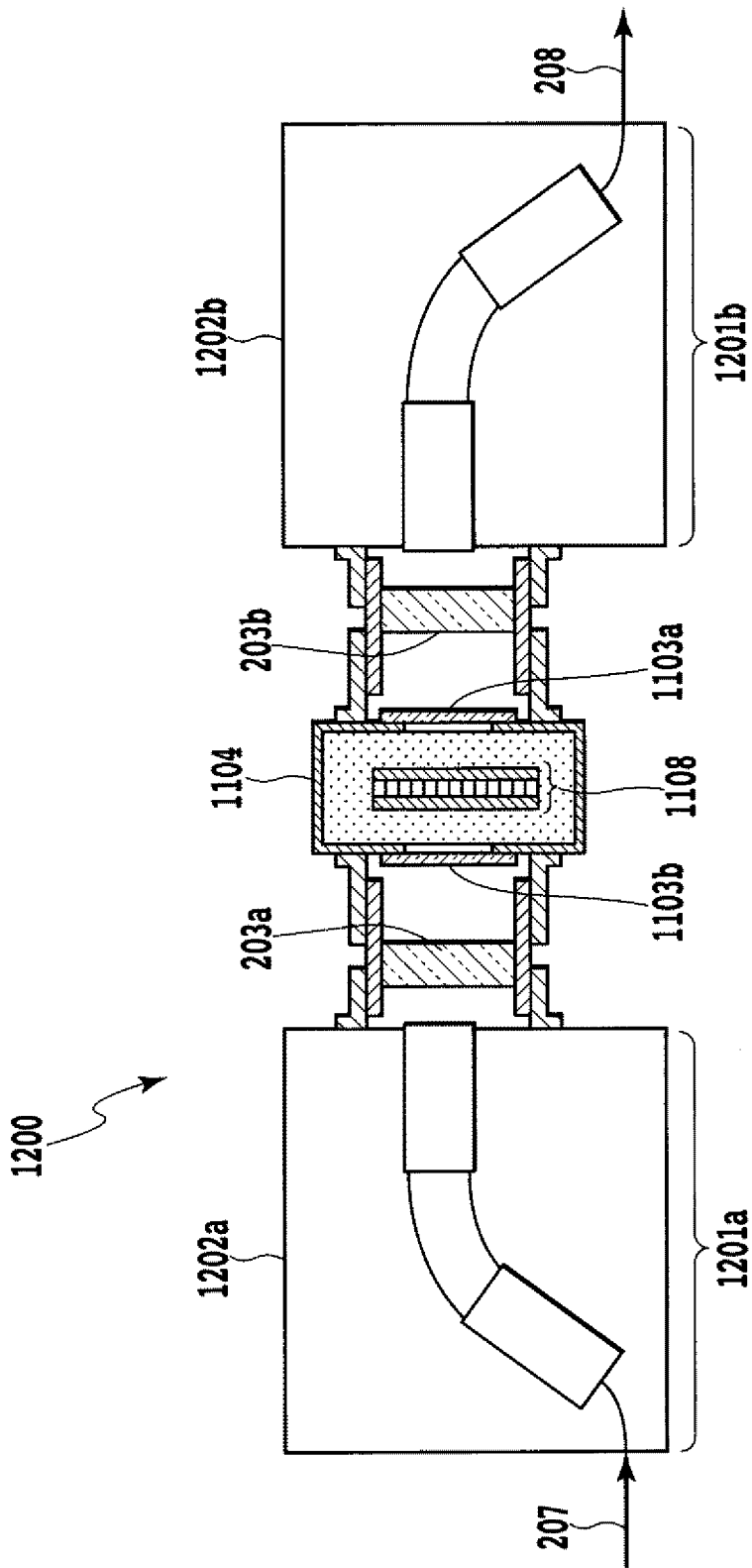
[図12]



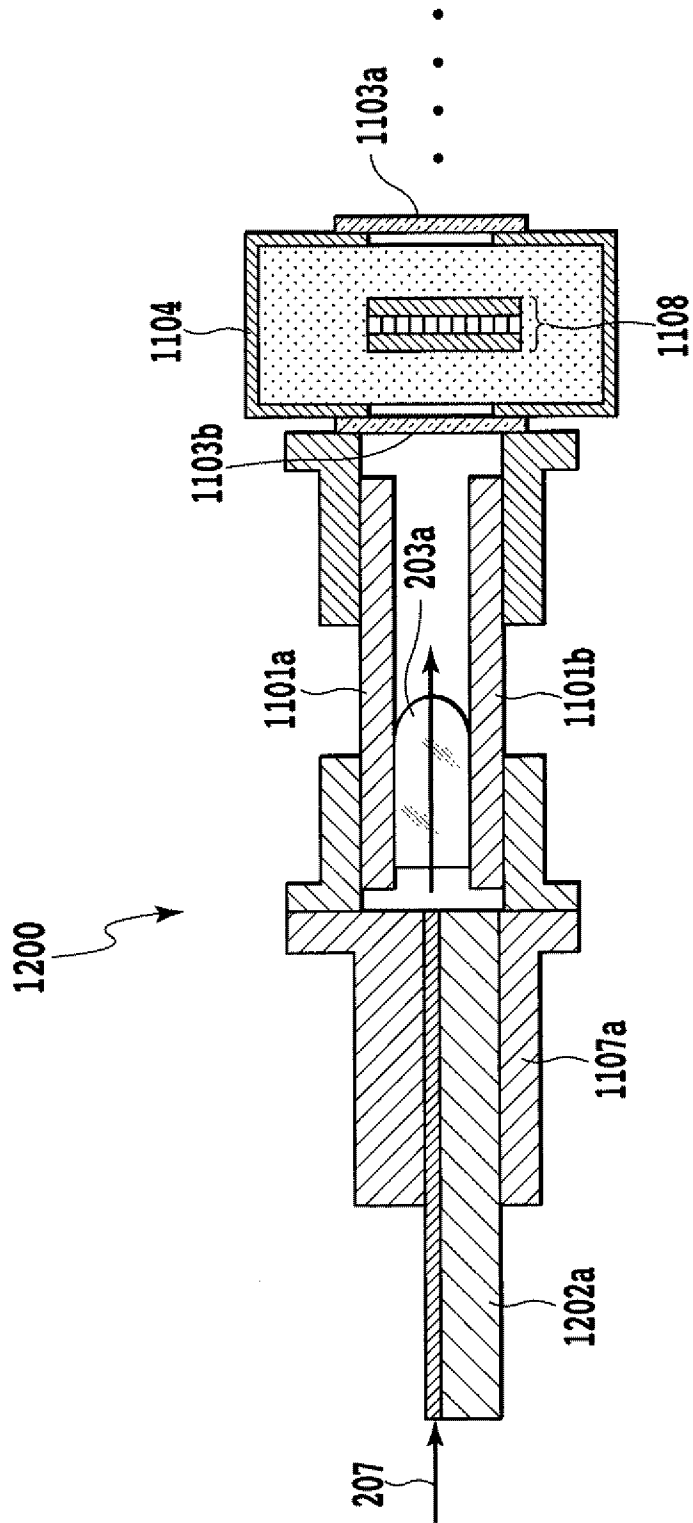
[図13]



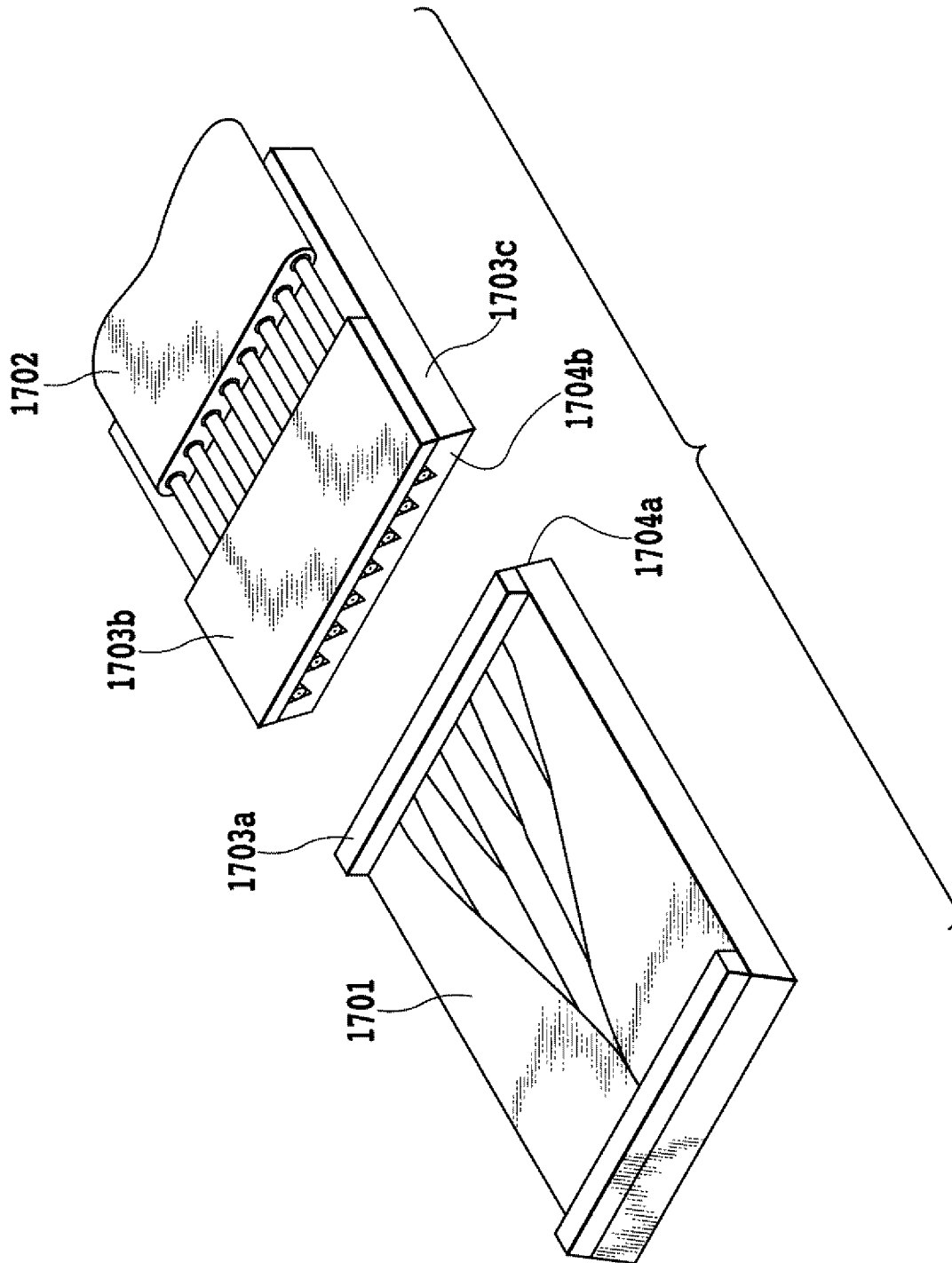
[図14]



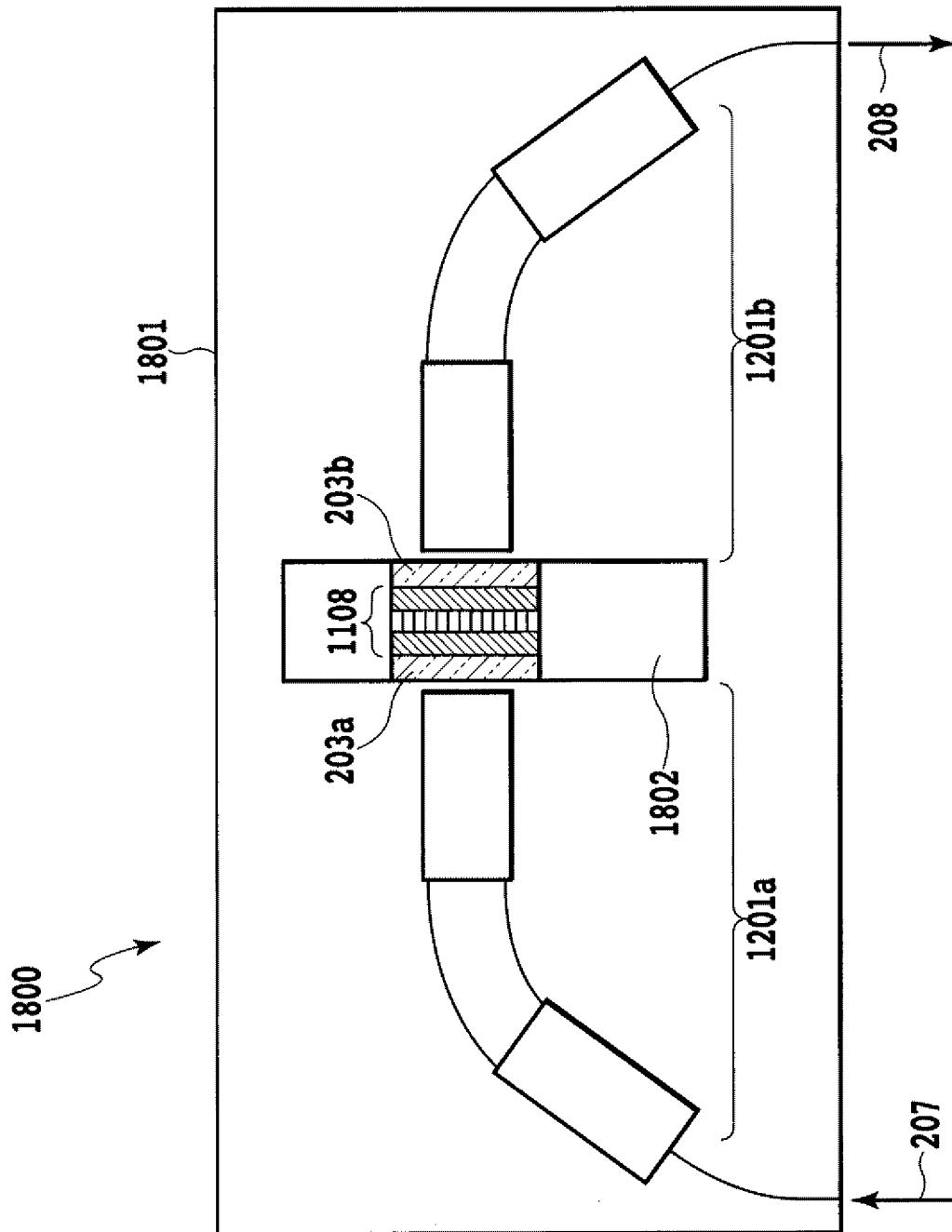
[図15]



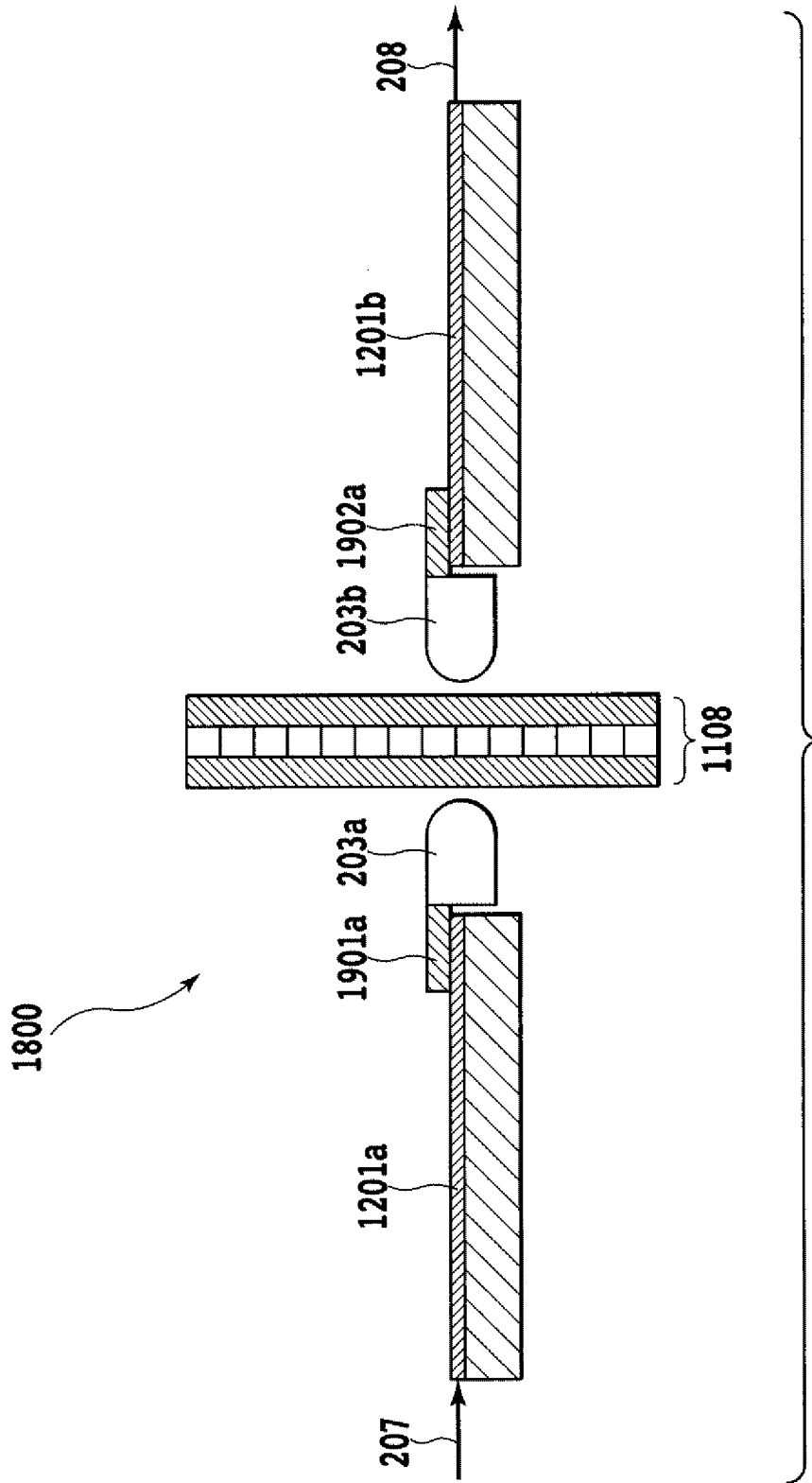
[図17]



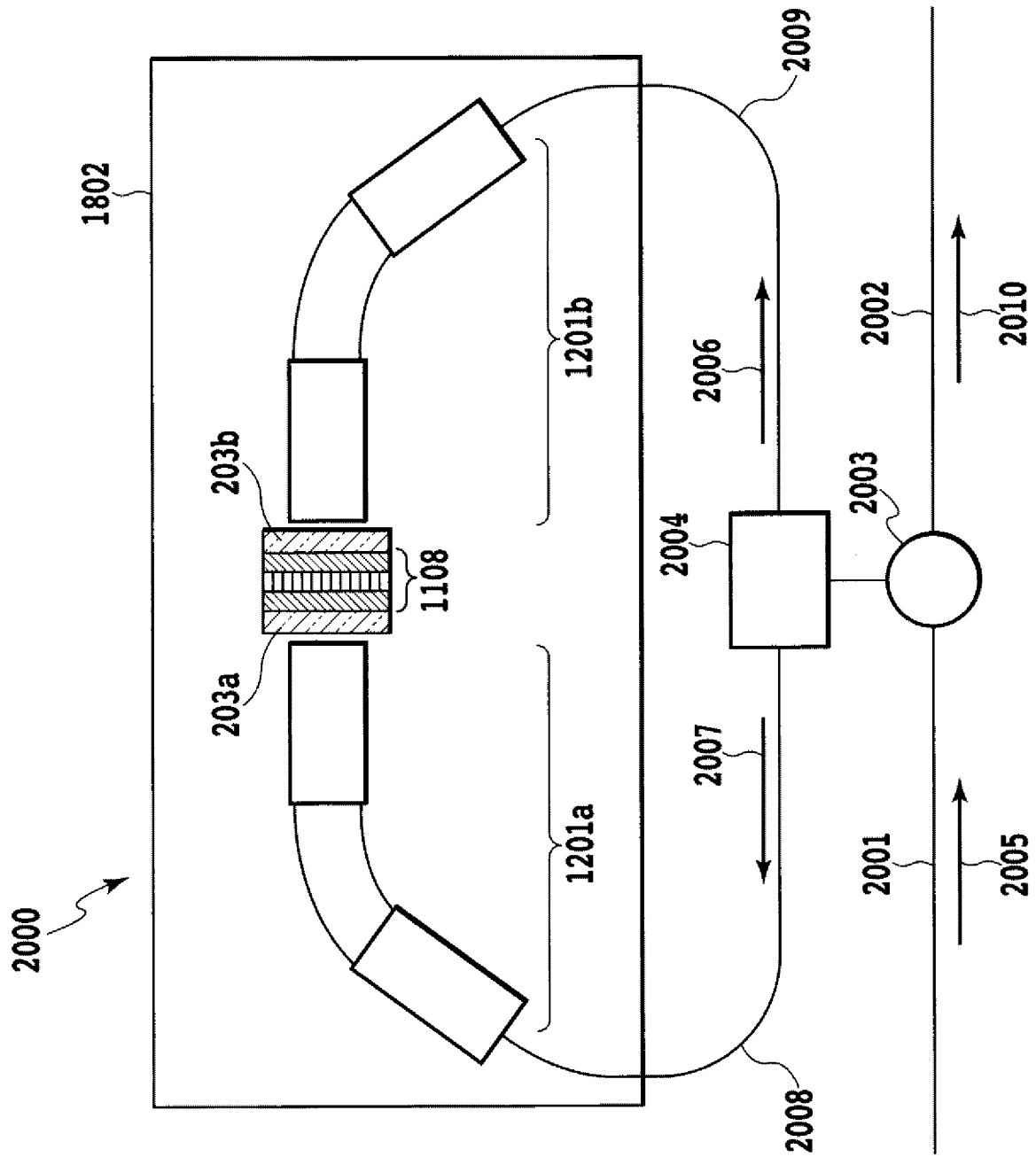
[図18]



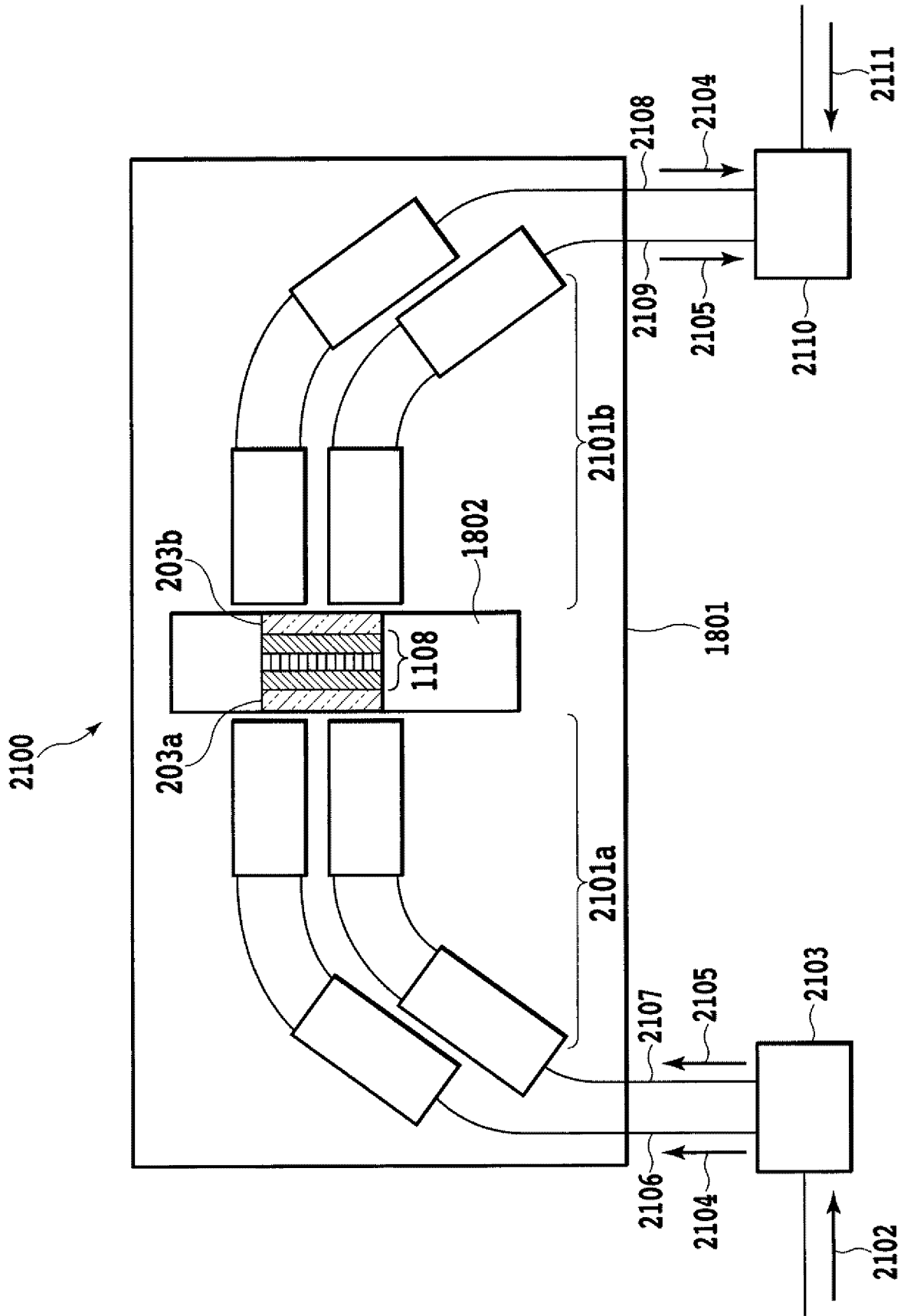
[図19]



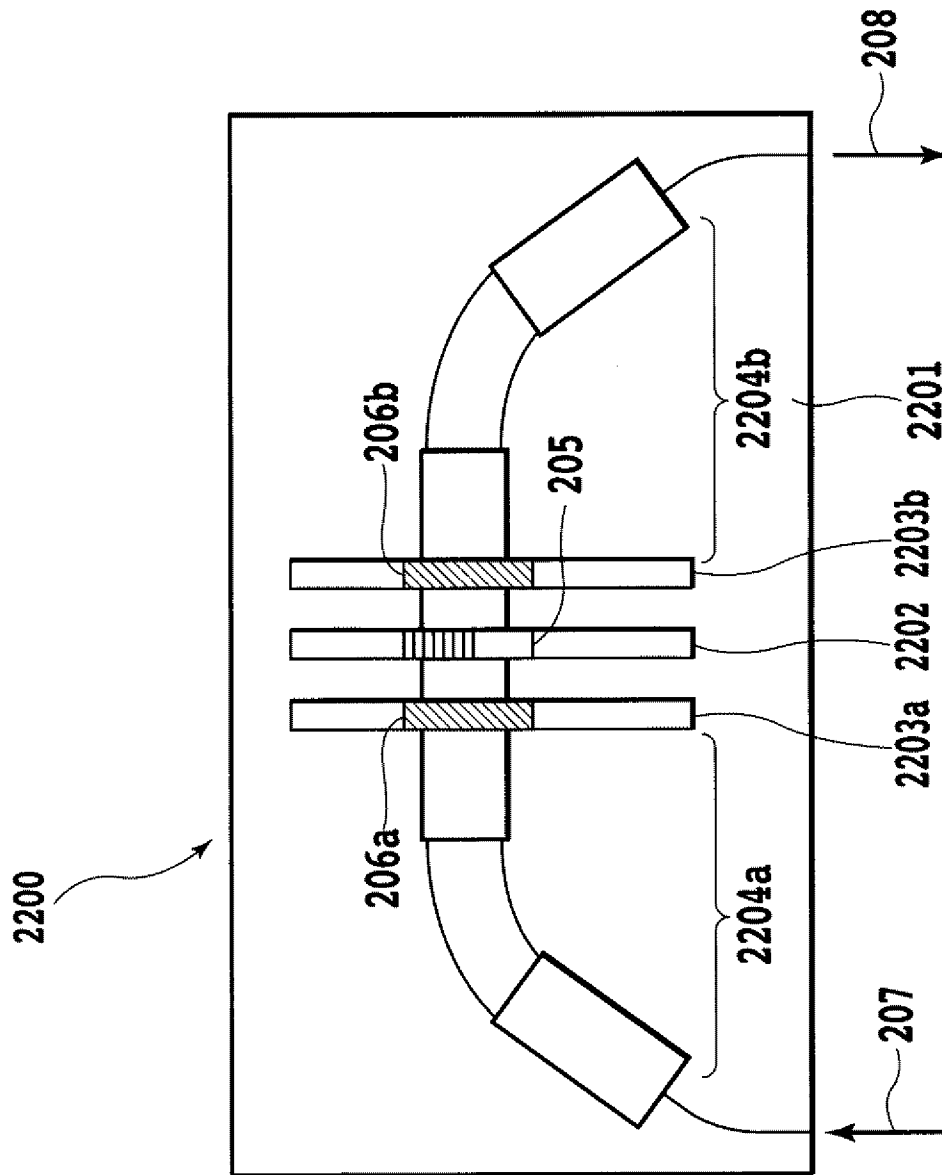
[図20]



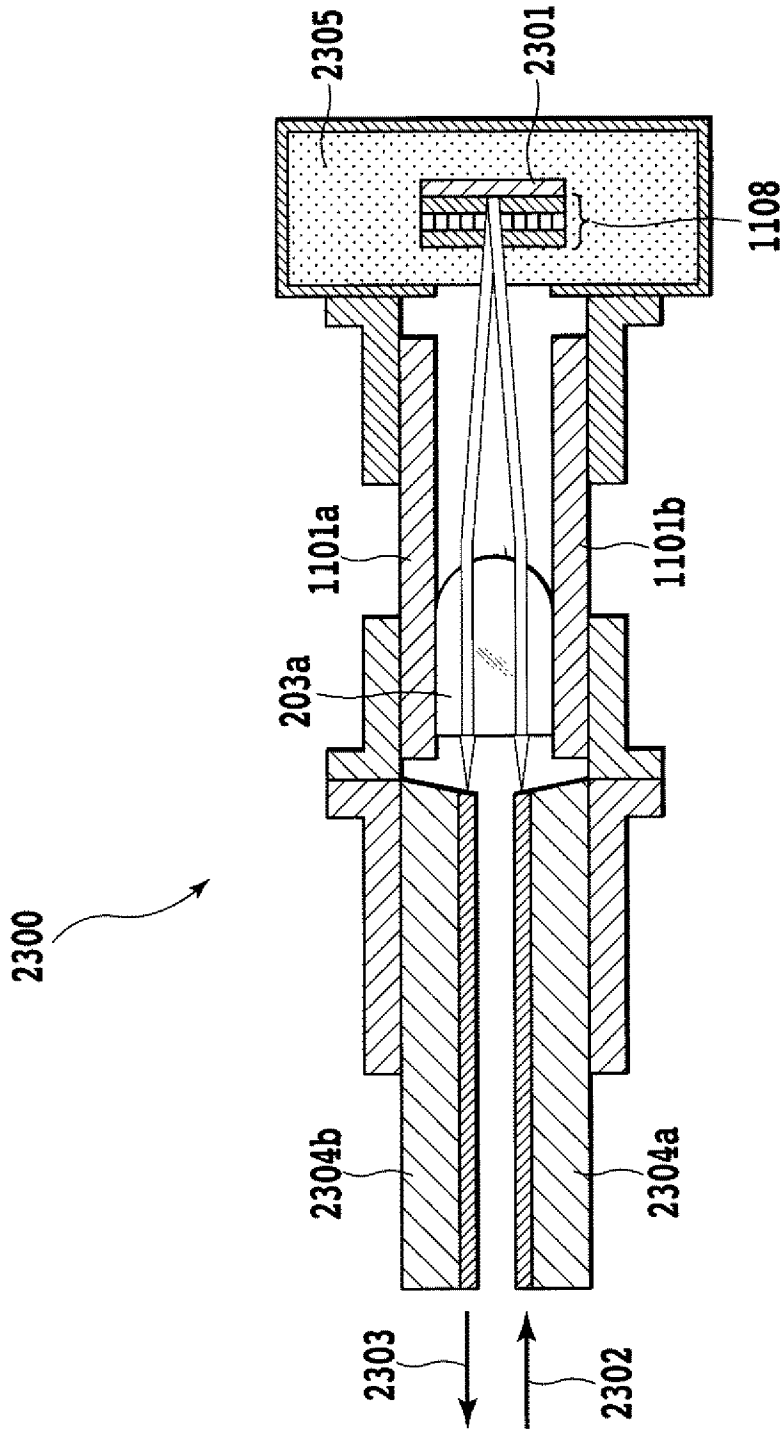
[図21]



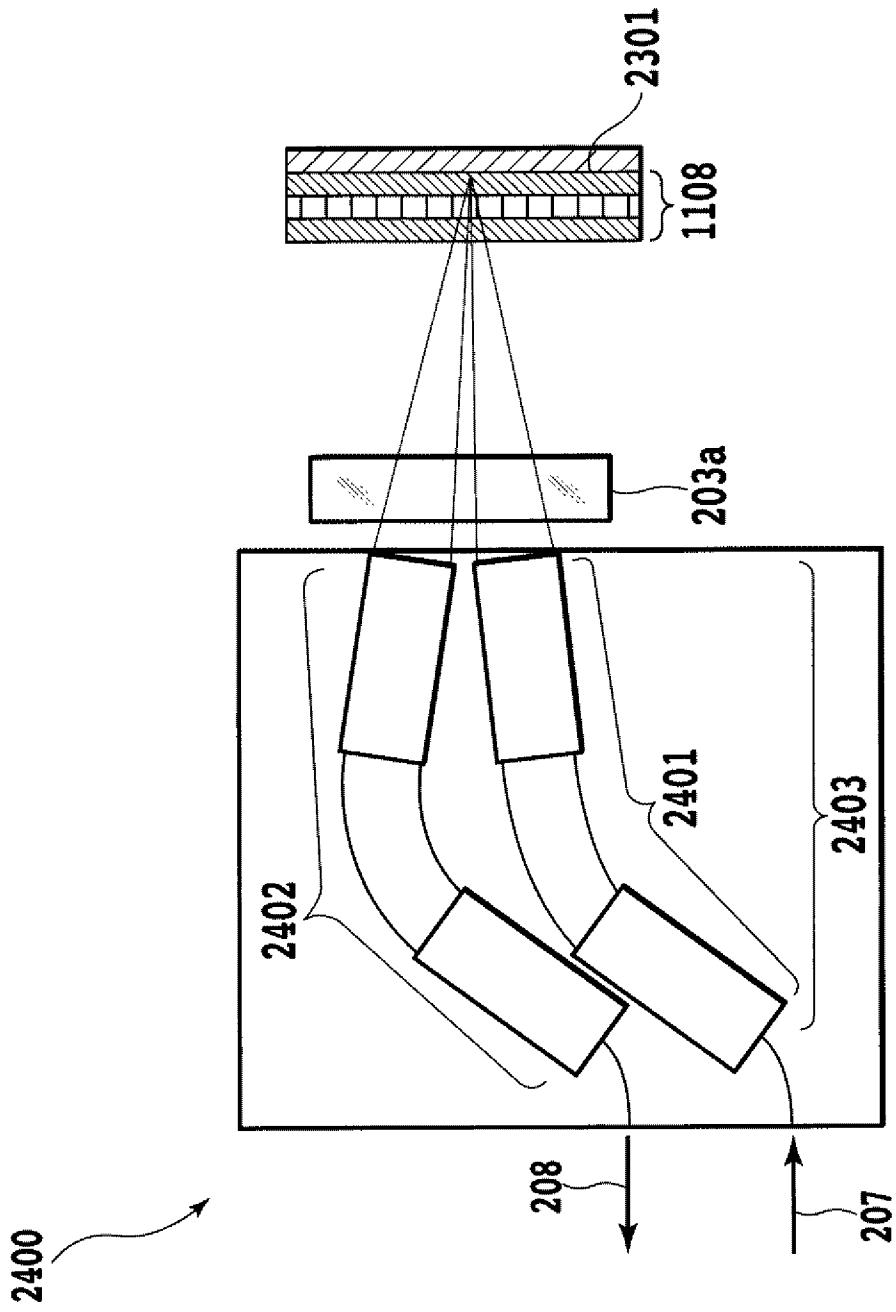
[図22]



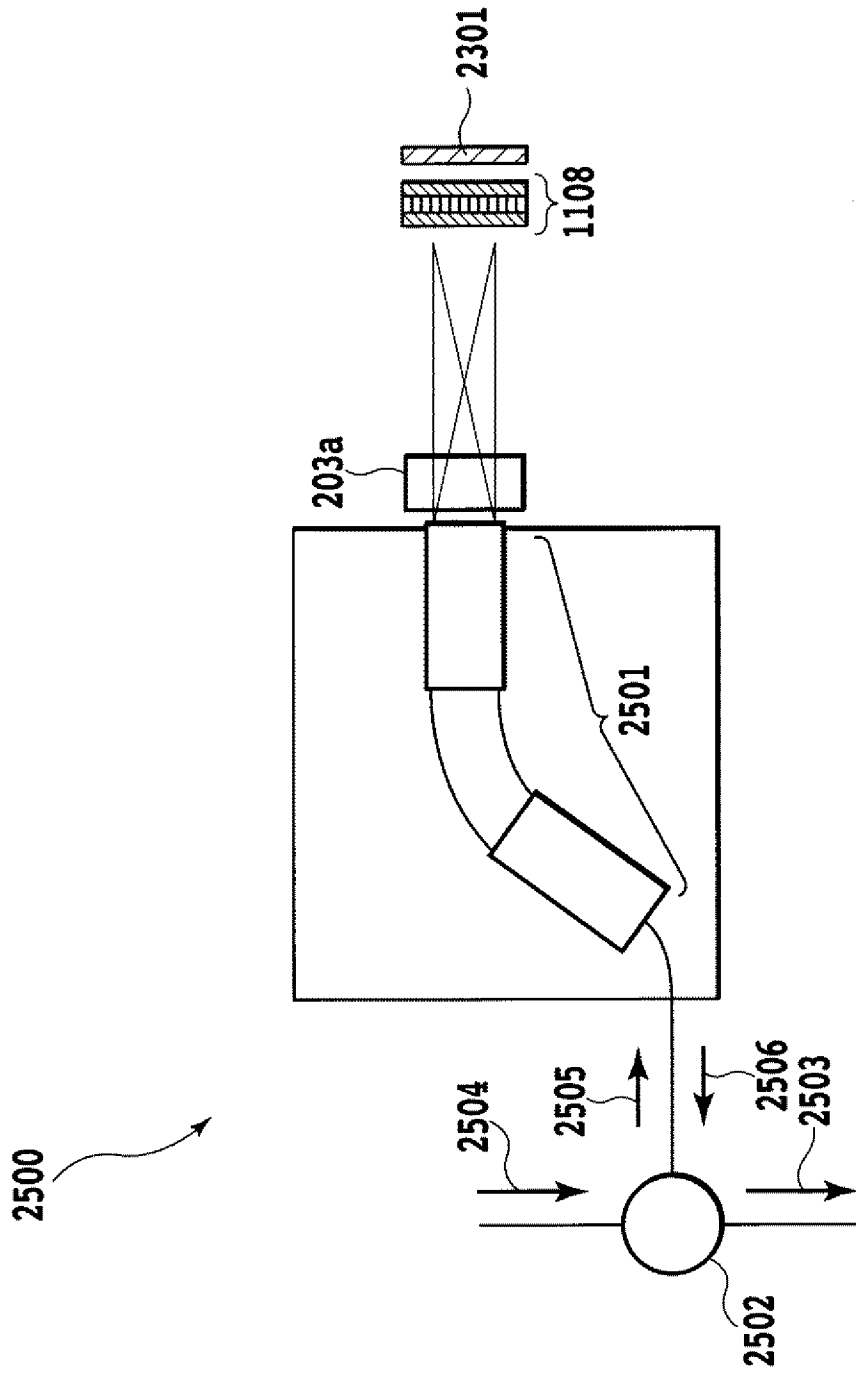
[図23]



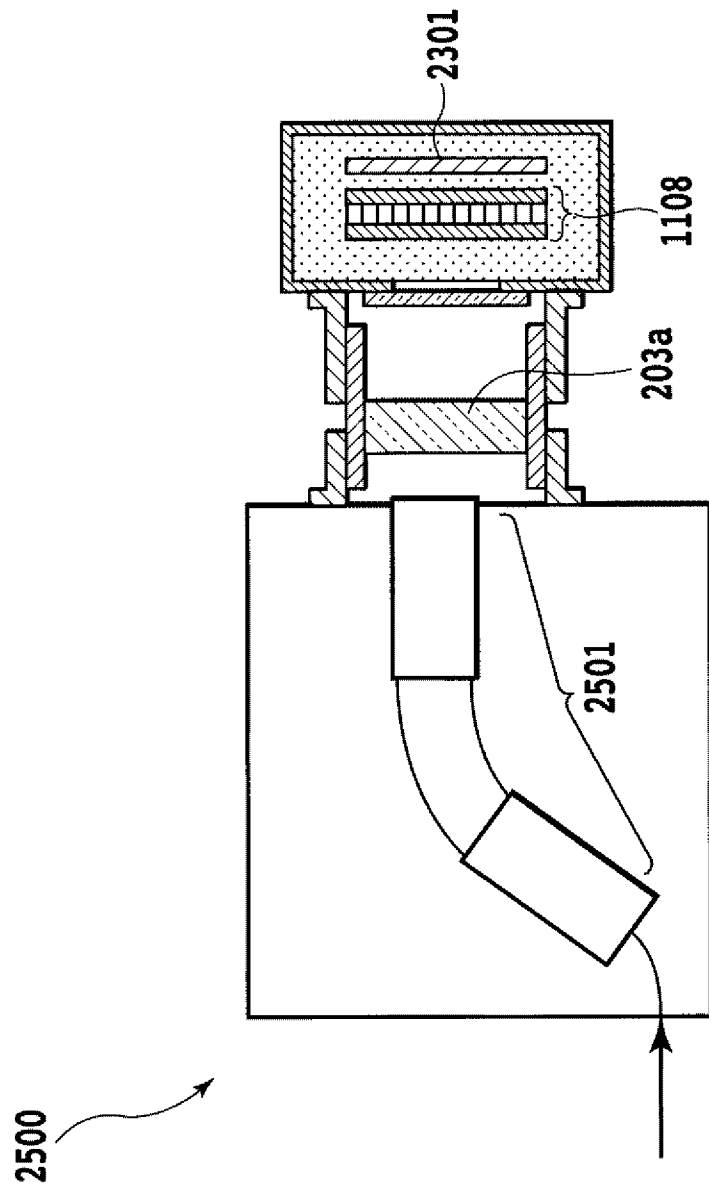
[図24]



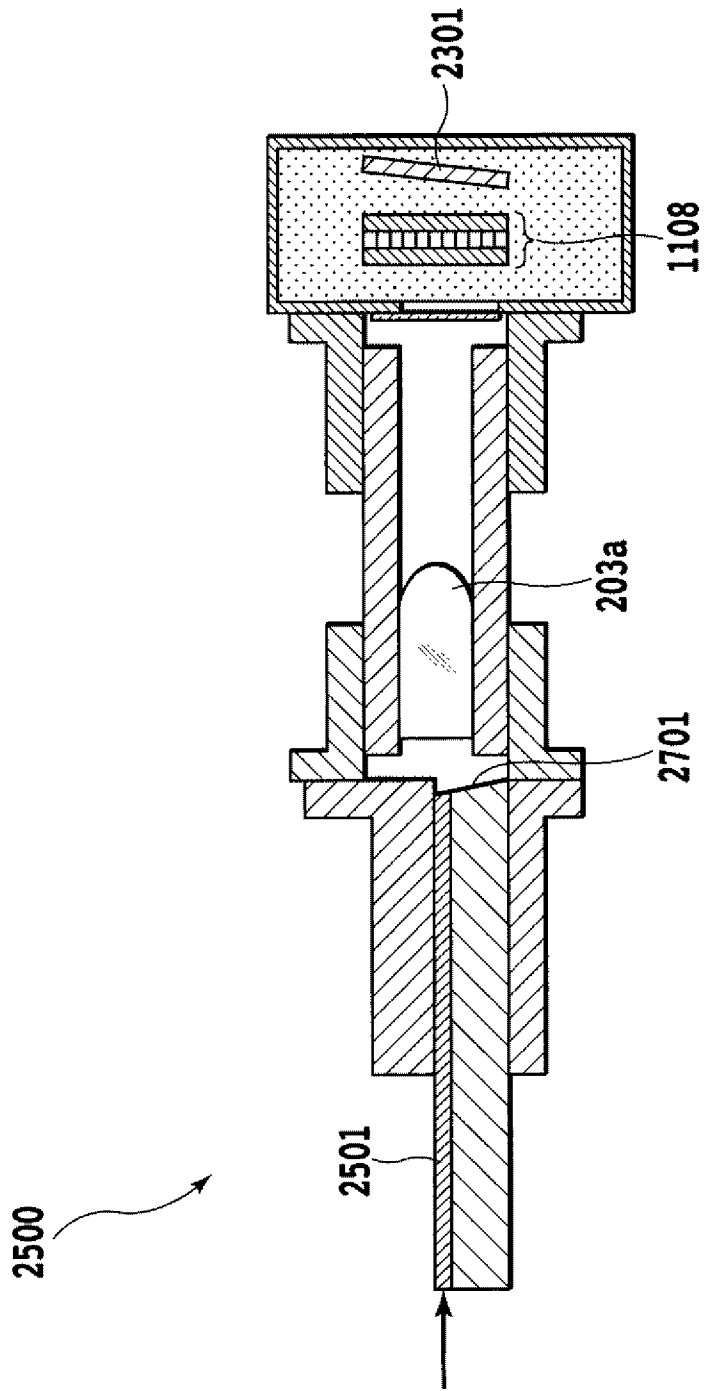
[図25]



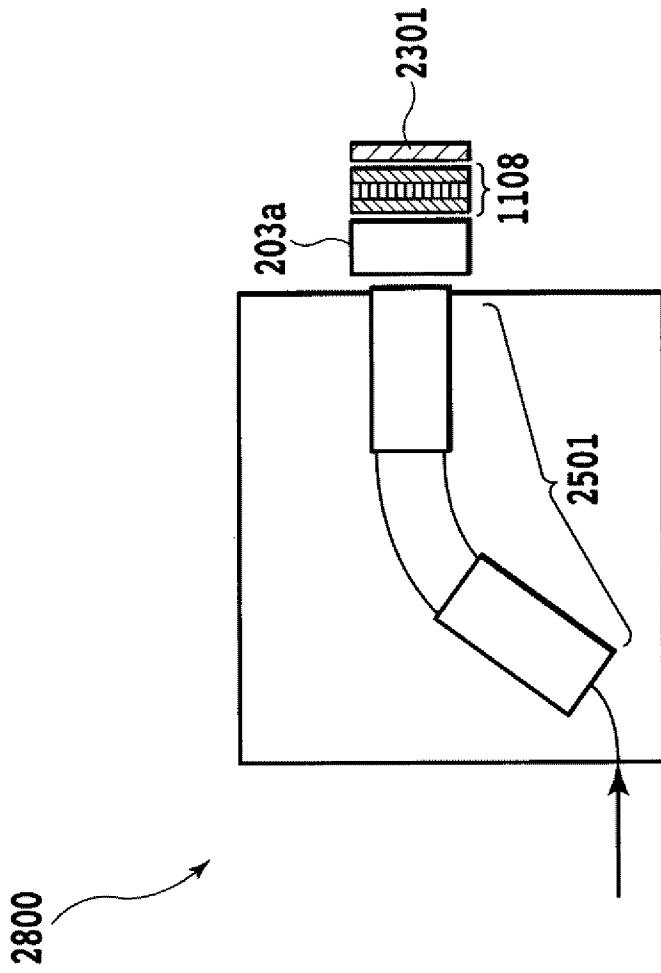
[図26]



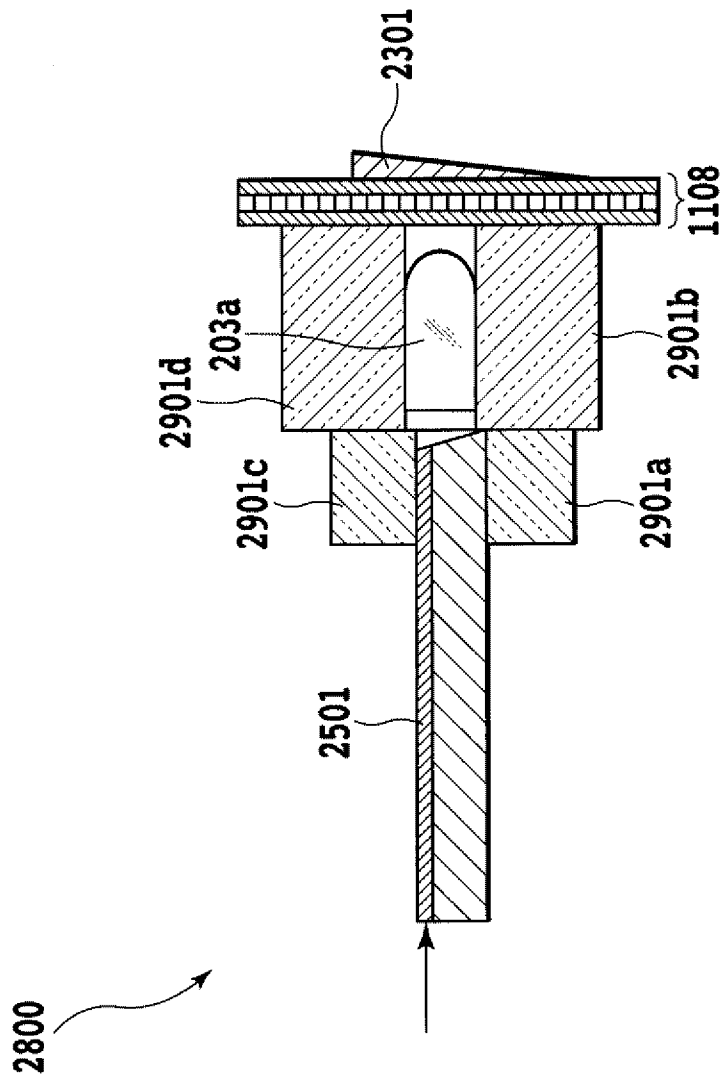
[図27]



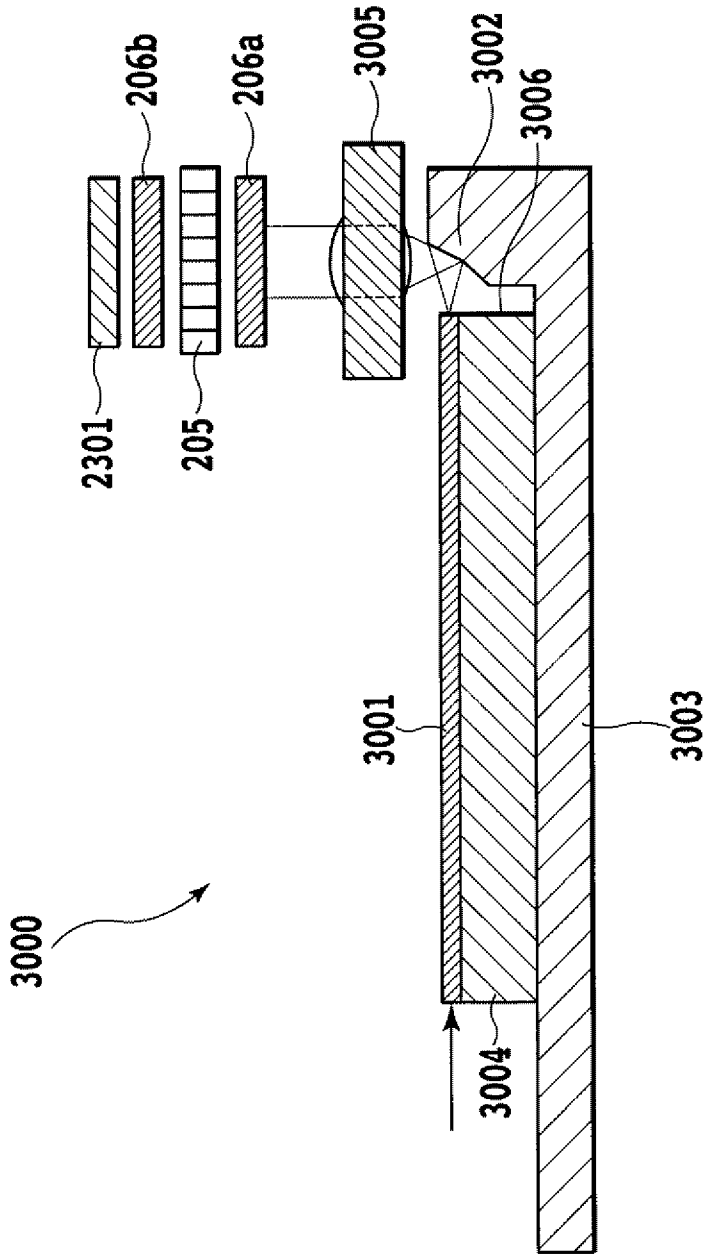
[図28]



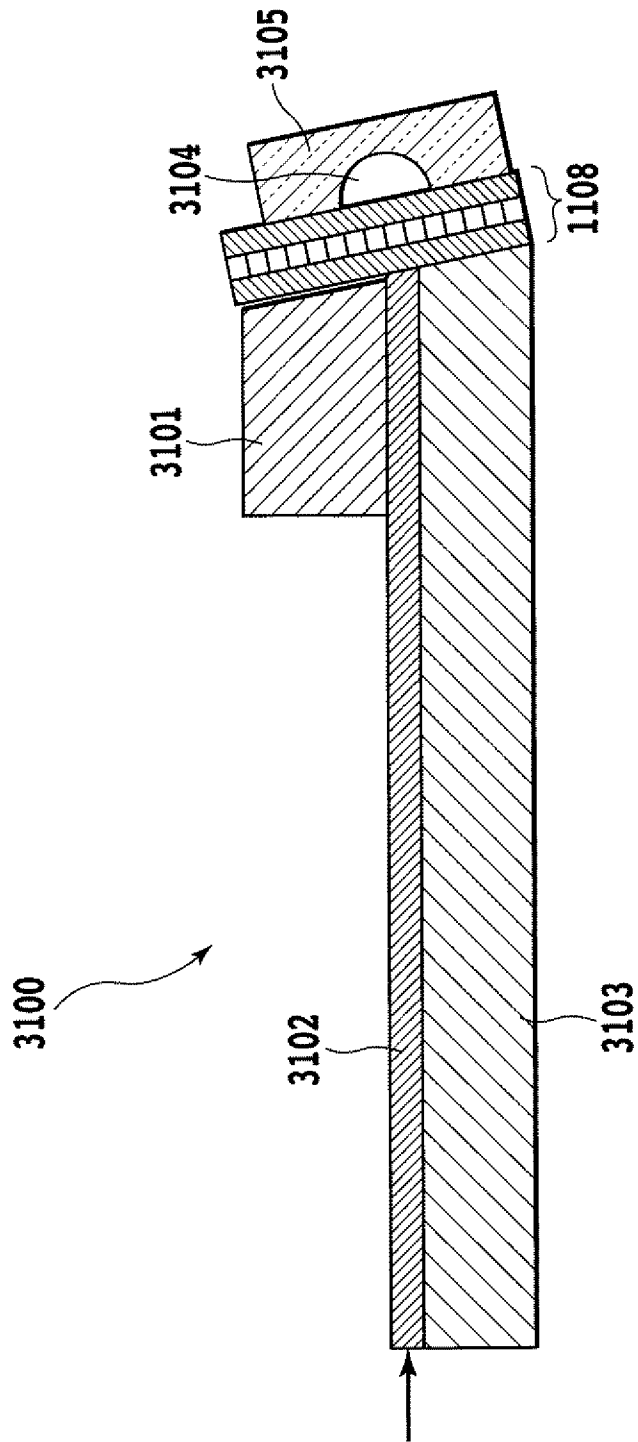
[図29]



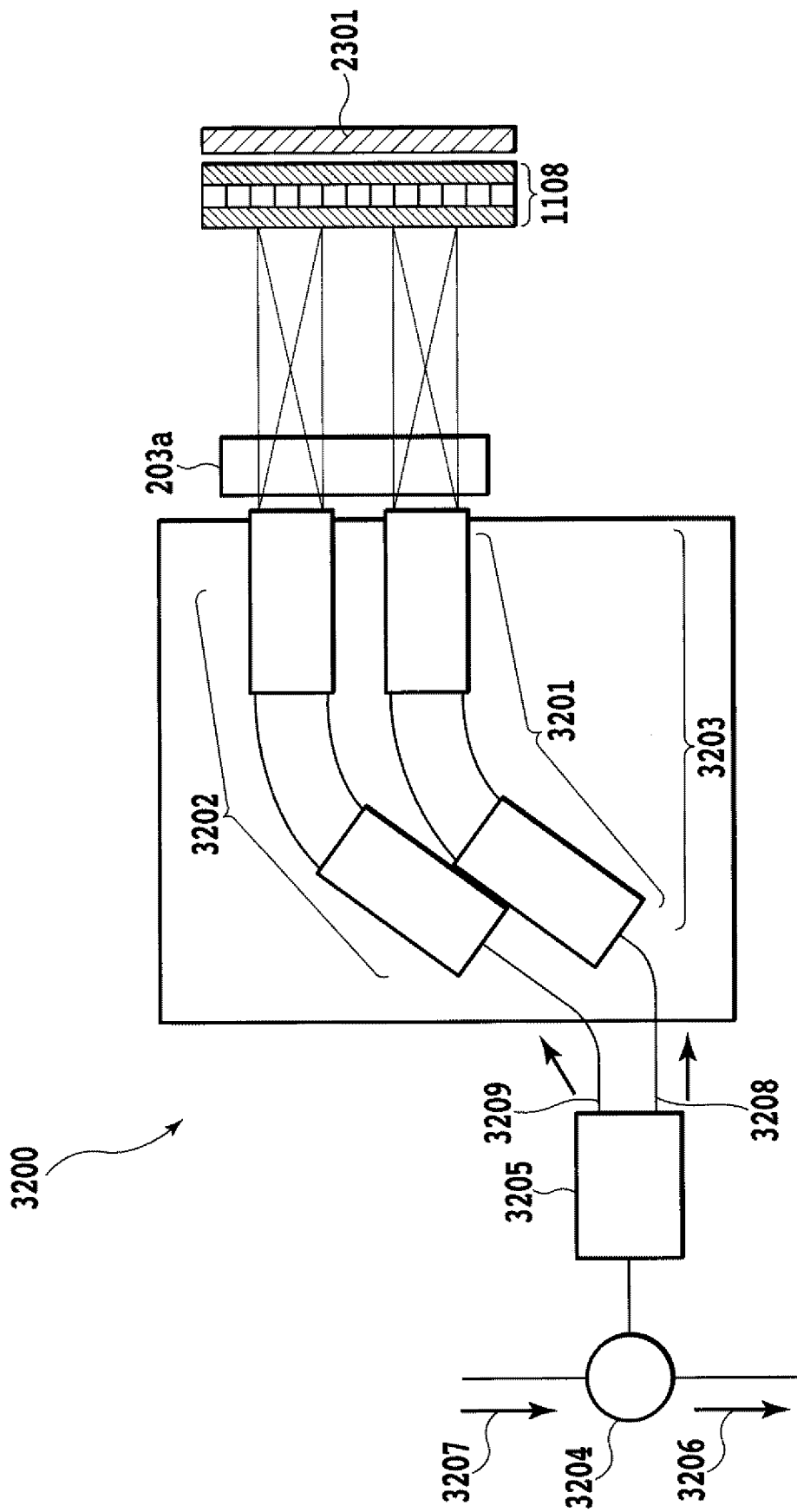
[図30]



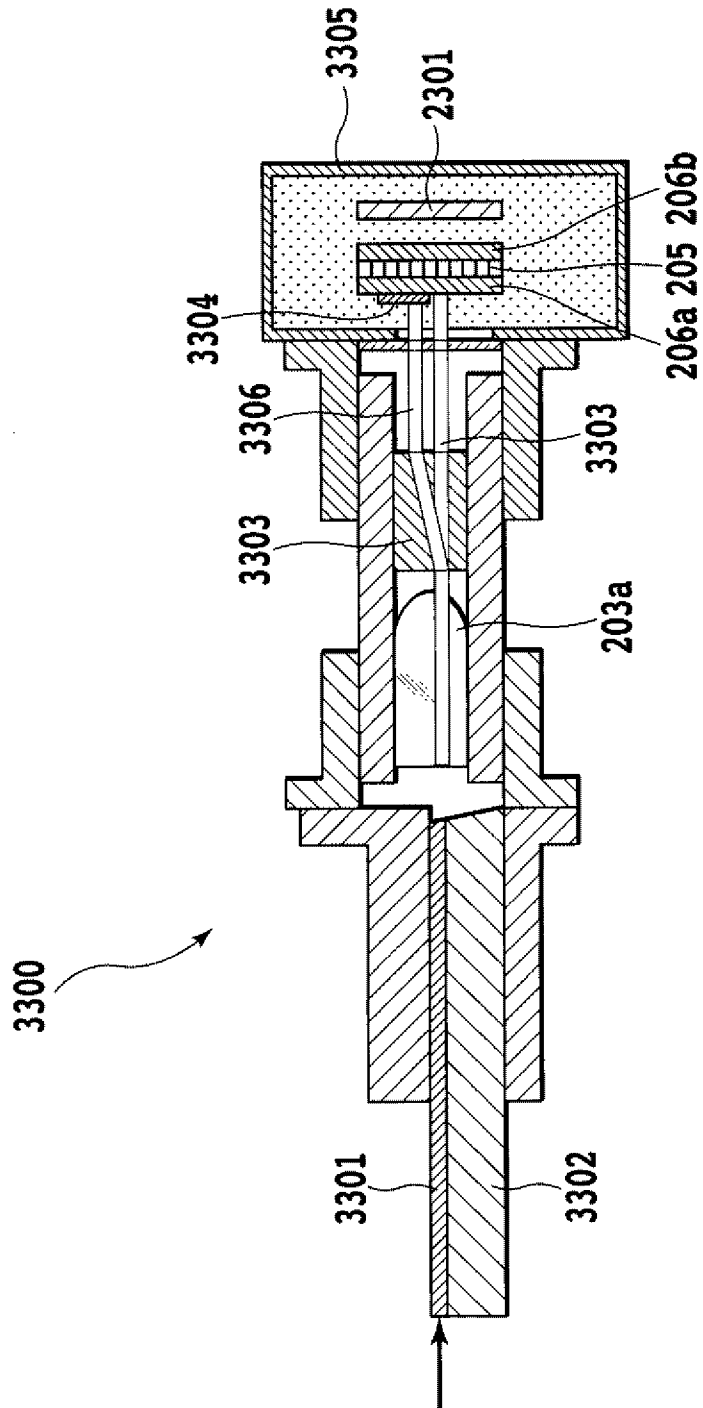
[図31]



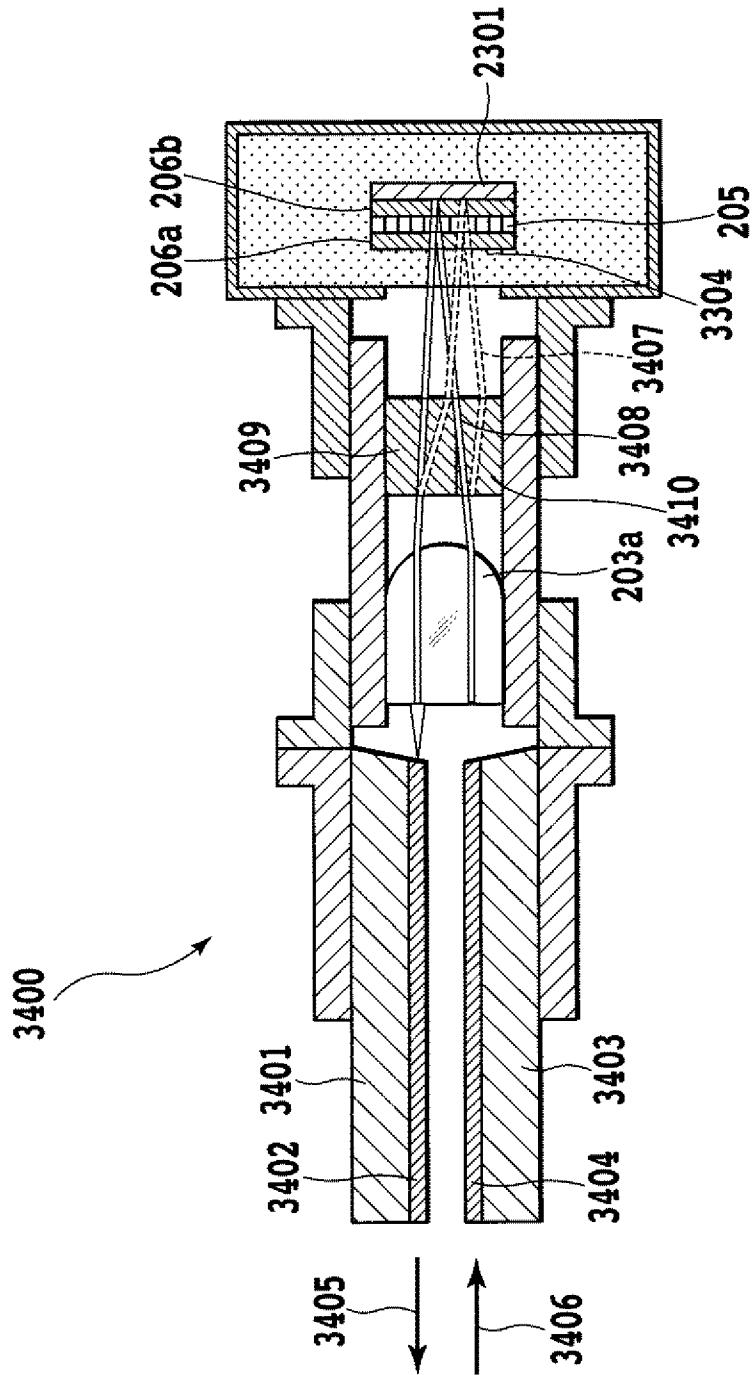
[図32]



[図33]



[図34]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/068334

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02F1/01(2006.01) i, G02B6/12(2006.01) i

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)

G02F1/00-1/141, G02B6/12

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	1996-2007
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2007	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2007

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 Y	JP 2004-239991 A (Fujitsu Ltd.), 26 August, 2004 (26.08.04), Full text; all drawings & US 2004/0151432 A1 & EP 1445631 A1	1-3 5, 6, 8-12
X Y	JP 2005-292664 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 20 October, 2005 (20.10.05), Par. Nos. [0002] to [0008]; Fig. 10 (Family: none)	1, 2, 4, 7 5, 6, 8-12
X Y	JP 2002-328312 A (Lucent Technologies Inc.), 15 November, 2002 (15.11.02), Full text; all drawings & US 2002/0131683 A1 & CA 2372536 A	1, 2 5, 6

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
 “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)
 “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

“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
 “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
 “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
 “&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
14 December, 2007 (14.12.07)

Date of mailing of the international search report
25 December, 2007 (25.12.07)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/068334

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2006/013928 A1 (The Furukawa Electric Co., Ltd.), 09 February, 2006 (09.02.06), Par. Nos. [0007] to [0008], [0032] to [0041]; Figs. 1, 15 (Family: none)	5, 6, 8-12

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. G02F1/01(2006.01)i, G02B6/12(2006.01)i

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. G02F1/00-1/141, G02B6/12

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 1971-2007年
 日本国実用新案登録公報 1996-2007年
 日本国登録実用新案公報 1994-2007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
X Y	J P 2 0 0 4 - 2 3 9 9 9 1 A (富士通株式会社) 2 0 0 4 . 0 8 . 2 6 , 全文, 全図 & U S 2 0 0 4 / 0 1 5 1 4 3 2 A 1 & E P 1 4 4 5 6 3 1 A 1	1-3 5, 6, 8-12
X Y	J P 2 0 0 5 - 2 9 2 6 6 4 A (日本電信電話株式会社) 2 0 0 5 . 1 0 . 2 0 , 0 0 0 2 - 0 0 0 8 , 図 1 0 (ファミリーなし)	1, 2, 4, 7 5, 6, 8-12

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 14. 12. 2007	国際調査報告の発送日 25. 12. 2007
----------------------------	----------------------------

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) 河原 正	2 X	9 0 1 7
	電話番号 03-3581-1101 内線 3294		

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
X Y	JP 2002-328312 A (ルーセント テクノロジーズ インコーポレイテッド) 2002. 11. 15, 全文, 全図 &US 2002/0131683 A1 &CA 2372536 A	1,2 5,6
Y	WO 2006/013928 A1 (古河電気工業株式会社) 2 006. 02. 09, 0007-0008, 0032-0041, 図1, 図15 (ファミリーなし)	5,6,8-12