(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2019-164261
(P2019-164261A)
(43)公開日　令和1年9月26日(2019.9.26)

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード（参考）
G02F 1/035 (2006.01)	G02F 1/035	2K102

審査請求 未請求　請求項の数 5　ＯＬ　（全 11 頁）

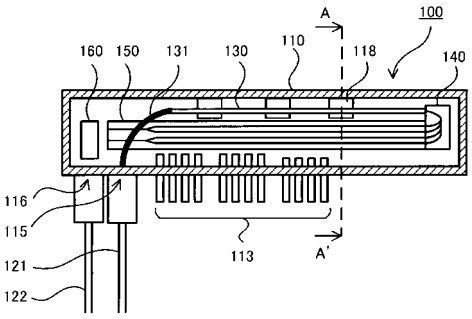
(21)出願番号　特願2018-52152(P2018-52152)
(22)出願日　平成30年3月20日(2018.3.20)

(71)出願人　000183266
住友大阪セメント株式会社
東京都千代田区六番町６番地２８
(74)代理人　100116687
弁理士　田村　爾
(74)代理人　100098383
弁理士　杉村　純子
(74)代理人　100155860
弁理士　藤松　正雄
(72)発明者　嶋田　誠
東京都千代田区六番町６番地２８　住友大阪セメント株式会社内
(72)発明者　原　徳隆
東京都千代田区六番町６番地２８　住友大阪セメント株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】光変調器

(57)【要約】
【課題】長手方向を短尺化しつつ、光送受信機に実装する場合の長手方向の実装面積を抑えることが可能な構造の光変調器を提供する。
【解決手段】光波を変調する光変調素子１５０を筐体１１０に収容した光変調器１００において、筐体１１０の長手方向の同一の側面に、光波入力用の光ファイバ１２１が取り付けられる入力ファイバ取付部１１５と、光波出力用の光ファイバ１２２が取り付けられる出力ファイバ取付部１１６とを有する。筐体１１０には、入力ファイバ取付部１１５から入力された光波を光変調素子１５０に導く光導波路が形成されたＰＬＣ１４０と、光変調素子１５０で変調された光波を出力ファイバ取付部１１６に導く空間光学部品１６０と、入力ファイバ取付部１１５とＰＬＣ１４０とを接続する光ファイバ１３０が更に収容される。
【選択図】図２Ａ



【特許請求の範囲】
【請求項１】
光波を変調する光変調素子を筐体に収容した光変調器において、
該筐体の長手方向の同一の側面に、該光変調素子で変調される光波を該光変調器に入力する第１の光ファイバが取り付けられる入力ファイバ取付部と、該光変調素子で変調された光波を該光変調器から出力する第２の光ファイバが取り付けられる出力ファイバ取付部とを有し、
該筐体には更に、該入力ファイバ取付部から該光変調器に入力された光波を該光変調素子に導く光導波路が形成された平面光波回路と、該光変調素子で変調された光波を該出力ファイバ取付部に導く空間光学部品と、該入力ファイバ取付部と該平面光波回路とを接続する第３の光ファイバとが収容されていることを特徴とする光変調器。
【請求項２】
請求項１に記載の光変調器において、
該平面光波回路のいずれかの側面の一部が、該光変調素子の光波入力側の端面と接合され、該側面の他の一部に、該第３の光ファイバが接続され、
該平面光波回路の光導波路は、該側面の他の一部に接続された該第３の光ファイバから該平面光波回路内に導入される光波を該光変調素子に導くように、Ｕ字状に形成されていることを特徴とする光変調器。
【請求項３】
請求項１又は請求項２に記載の光変調器において、
該平面光波回路の光導波路は、該平面光波回路内に導入された光波を複数に分岐して該光変調素子に導くよう形成されており、
該光変調素子は、該平面光波回路で分岐された光波に対して変調を施すことを特徴とする光変調器。
【請求項４】
請求項１乃至請求項３のいずれかに記載の光変調器において、
該平面光波回路は、該光変調素子の光波入力側の端面との接合面が、該接合面における光波の進行方向に直交する平面に対して傾斜させてあることを特徴とする光変調器。
【請求項５】
請求項１乃至請求項４のいずれかに記載の光変調器において、
該第３の光ファイバは、少なくとも該光変調素子を横切る区間が、遮光部材で被覆されていることを特徴とする光変調器。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、光波を変調する光変調素子を筐体に収容した光変調器に関する。
【背景技術】
【０００２】
光通信分野において、入力された光波に変調を施して出力する光変調器が利用されている。光変調器は、例えば、光信号によりデータを送受信する光送受信機（トランスポンダ）に搭載して使用される。光変調器は、ニオブ酸リチウム材料（ＬＮ）等の基板を用いた光変調素子を筐体に収容した構造とする。光変調素子は、基板に形成されたマッハツェンダ型の光導波路を伝搬する光波を高周波の制御信号により変調する。光変調素子は、光波の進行方向に長い形状となっており、これを収容する筐体も同様である。
【０００３】
図１Ａは、従来例に係る光変調器の平面図であり、図１Ｂは、その側面図である。
従来の光変調器１０は、筐体１１の長手方向の端部にある一方の側面に、光波入力用の光ファイバ２１が取り付けられる入力ファイバ取付部１５を有し、他方の側面に、光波出力用の光ファイバ２２が取り付けられる出力ファイバ取付部１６を有する。また、筐体１１の長手方向に沿ったいずれかの側面に、高周波の制御信号の入力に使用される制御端子

１２や、ＤＣバイアス信号の入力やモニタ信号の出力に使用される信号端子１３が配置される。すなわち、筐体１１の３つの側面が、光波や信号の入出力に使用されている。

【０００４】

筐体と光ファイバの固定は、光ファイバに金属パイプを取り付け、金属パイプを筐体に固定することで行われる。金属パイプの端部において、光ファイバの屈曲を防ぐためのゴムフードを取り付けて保護する。光ファイバは過度に屈曲できないため、７．５ｍｍ以上の曲率半径を確保しながら取り回される。そのため、光変調器を光送受信機に実装する場合には、光変調器の長手方向に実装面積を長く確保する必要がある。例として、ゴムフードの長さを１０ｍｍ、光ファイバの許容曲げ半径を１０ｍｍとすると、筐体の両側に少なくとも２０ｍｍ程度のスペースが必要になる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００５】

【特許文献１】特開２０１３－２３８７４１号公報

【特許文献２】特開２０１６－２０６４１５号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

従来、光変調器の長手方向を短尺化するために、種々の発明が提案されている。

例えば、特許文献１には、筐体の長手方向に沿った側面に光波入力用の光ファイバおよび光波出力用の光ファイバを接続し、これら光ファイバと光変調素子の間の光路を、光変調素子の両側に配置した石英系材料の平面光波回路（ＰＬＣ；Planar Lightwave Circuit）を用いて形成する構成が開示されている。また、特許文献２には、これら光ファイバと光変調素子の間の光路を、光変調素子の両側に配置した空間光学部品を用いて形成する構成が開示されている。

【０００７】

しかしながら、特許文献１、２の構成は、筐体の長手方向は短くなるが、筐体の幅方向（基板平面で長手方向に直交する方向）は長くなる。これは、特性を確保するために光ファイバの余長部を筐体内に配設する必要があり、筐体の幅方向を広げて光ファイバの余長部を構成するためである。更に、筐体の光ファイバ貫通孔からＰＬＣ及び空間光学部品への距離が近いので、配置の調整や固定が難しいというデメリットがある。

【０００８】

本発明が解決しようとする課題は、上述したような問題を解決し、長手方向を短尺化しつつ、光送受信機に実装する場合の長手方向の実装面積を抑えることが可能な構造の光変調器を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【０００９】

上記課題を解決するために、本発明の光変調器は、以下のような技術的特徴を備えている。

（１）　光波を変調する光変調素子を筐体に収容した光変調器において、該筐体の長手方向の同一の側面に、該光変調素子で変調される光波を該光変調器に入力する第１の光ファイバが取り付けられる入力ファイバ取付部と、該光変調素子で変調された光波を該光変調器から出力する第２の光ファイバが取り付けられる出力ファイバ取付部とを有し、該筐体には更に、該入力ファイバ取付部から該光変調器に入力された光波を該光変調素子に導く光導波路が形成された平面光波回路と、該光変調素子で変調された光波を該出力ファイバ取付部に導く空間光学部品と、該入力ファイバ取付部と該平面光波回路とを接続する第３の光ファイバとが収容されていることを特徴とする。

【００１０】

（２）　上記（１）に記載の光変調器において、該平面光波回路のいずれかの側面の一部が、該光変調素子の光波入力側の端面と接合され、該側面の他の一部に、該第３の光ファ

イバが接続され、該平面光波回路の光導波路は、該側面の他の一部に接続された該第３の光ファイバから該平面光波回路内に導入される光波を該光変調素子に導くように、Ｕ字状に形成されていることを特徴とする。

【００１１】

（３）　上記（１）又は（２）に記載の光変調器において、該平面光波回路の光導波路は、該平面光波回路内に導入された光波を複数に分岐して該光変調素子に導くよう形成されており、該光変調素子は、該平面光波回路で分岐された光波に対して変調を施すことを特徴とする。

【００１２】

（４）　上記（１）乃至（３）のいずれかに記載の光変調器において、該平面光波回路は、該光変調素子の光波入力側の端面との接合面が、該接合面における光波の進行方向に直交する平面に対して傾斜させてあることを特徴とする。

【００１３】

（５）　上記（１）乃至（４）のいずれかに記載の光変調器において、該第３の光ファイバは、少なくとも該光変調素子を横切る区間が、遮光部材で被覆されていることを特徴とする。

【発明の効果】

【００１４】

本発明によれば、筐体の同一側面に入力ファイバ取付部および出力ファイバ取付部を設けると共に、光変調素子の上流側に平面光波回路、下流側に空間光学部品を配置し、入力ファイバ取付部と平面光波回路とを内蔵の光ファイバで接続したので、長手方向を短尺化しつつ、光送受信機に実装する場合の長手方向の実装面積を抑えることが可能な構造の光変調器を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【００１５】

【図１Ａ】従来例に係る光変調器の例を示す平面図である。

【図１Ｂ】図１Ａに例示した光変調器の側面図である。

【図２Ａ】本発明の一実施形態に係る光変調器の例を示す平面図である。

【図２Ｂ】図２Ａに例示した光変調器の側面図である。

【図２Ｃ】図２ＡのＡ－Ａ’線の断面図である。

【図３】本発明の一実施形態に係る光変調器の変形例を示す平面図である。

【図４Ａ】本発明に適用し得るＰＬＣ（分岐なし）の例を示す平面図である。

【図４Ｂ】本発明に適用し得るＰＬＣ（２分岐）の例を示す平面図である。

【図４Ｃ】本発明に適用し得るＰＬＣ（４分岐）の例を示す平面図である。

【図４Ｄ】本発明に適用し得るＰＬＣ（８分岐）の例を示す平面図である。

【図５】本発明に適用し得るＰＬＣの例を示す側面図である。

【図６】本発明に適用し得る空間光学部品の例を示す平面図である。

【図７】本発明の一実施形態に係る光変調器を光送受信機に収容した例を示す平面図である。

【発明を実施するための形態】

【００１６】

本発明に係る光変調器について、好適例を用いて詳細に説明する。なお、以下で示す例によって本発明が限定されるものではない。

図２Ａは、本発明の一実施形態に係る光変調器の例を示す平面図であり、図２Ｂは、その側面図である。また、図２Ｃは、図２ＡのＡ－Ａ’線の断面図である。なお、図２Ａでは、光変調器の筐体内を断面視してある。

【００１７】

本例の光変調器１００は、光波を変調する光変調素子１５０を筐体１１０に収容している。筐体１１０は、長手方向の同一の側面に、光波入力用の光ファイバ１２１が取り付けられる入力ファイバ取付部１１５と、光波出力用の光ファイバ１２２が取り付けられる出

力ファイバ取付部１１６とを有している。また、この側面には、高周波の制御信号の入力に使用される制御端子１１２や、ＤＣバイアス信号の入力やモニタ信号の出力に使用される信号端子１１３も配置される。すなわち、本例の光変調器１００では、筐体１１０の１つの側面が、光波や信号の入出力に使用される。

【００１８】

筐体１１０には更に、光変調素子１５０に対して光波の進行方向の上流側に配置された平面光波回路（ＰＬＣ）１４０と、光変調素子１５０に対して光波の進行方向の下流側に配置された空間光学部品１６０と、入力ファイバ取付部１１５とＰＬＣ１４０とを接続する光ファイバ１３０が収容される。ＰＬＣ１４０は、入力ファイバ取付部１１５から光変調器に入力された光波が、光ファイバ１３０を通じて導入される。ＰＬＣ１４０には、ＰＬＣ１４０内に導入された光波を光変調素子１５０に導くように、光導波路が形成されている。また、空間光学部品１６０は、光変調素子１５０から出力される光波（光変調素子１５０で変調された光波）を出力ファイバ取付部１１６に導くように配置されている。

【００１９】

光変調素子１５０により変調が施される光波は、入力ファイバ取付部１１５に取り付けられた光波入力用の光ファイバ１２１から光変調器１００に入力される。光変調器１００に入力された光波は、光ファイバ１３０を介してＰＬＣ１４０に伝搬され、ＰＬＣ１４０内に導入される。ＰＬＣ１４０内に導入された光波は、ＰＬＣ１４０に形成された光導波路によって光変調素子１５０に向かって導かれ、光変調素子１５０に入力される。光変調素子１５０に入力された光波は、光変調素子１５０によって変調される。光変調素子１５０で変調された光波は、空間光学部品１６０によって出力ファイバ取付部１１６に導かれ、出力ファイバ取付部１１６に取り付けられた光波出力用の光ファイバ１２２から光変調器１００の外部に出力される。

【００２０】

このような構造の光変調器１００によれば、筐体１１０の長手方向の同一側面に光波の入力用および出力用の各光ファイバ１２１，１２２が取り付けられるので、光送受信機に実装する場合の長手方向の実装面積を抑えることができる。また、光変調素子１５０の上流側にＰＬＣ１４０、下流側に空間光学部品１６０を配置したので、光変調器の長手方向を短尺化することができる。また、入力ファイバ取付部１１５とＰＬＣ１４０の間を光ファイバ１３０で接続したので、入力ファイバ取付部１１５とＰＬＣ１４０が離れていても光損失が非常に少ない。これにより、光変調素子１５０の下流に配置される空間光学部品１６０の近傍に、各光ファイバの取付部１１５，１１６を集約することができる。その結果、光変調器１００を光送受信機に実装する場合に各光ファイバ１２１，１２２をまとめて（例えば、束ねて）取り扱うことができ、これら光ファイバ１２１，１２２の取り回しが容易になる。また、各光ファイバの取付部１１５，１１６を集約することで、光送受信機内の他の実装部品との干渉も抑えやすくなる。

【００２１】

筐体１１０の内部には、図２Ａ，図２Ｃに示すように、光ファイバ１３０の配置をガイドするガイド部１１８を設けることが好ましい。これにより、筐体内での光ファイバの配線取り回しが容易となり、また、筐体内における光ファイバの固定度も高まる。光ファイバのガイド部は、筐体内における光ファイバの配線部分の全体に亘って設けてもよいが、少なくとも一部にあればよい。

【００２２】

図２Ａでは、入力ファイバ取付部１１５および出力ファイバ取付部１１６は、筐体１１０の側面に対して垂直に光ファイバ１２１，１２２が取り付けられる構造となっているが、これに限定されない。すなわち、図３に変形例を示すように、入力ファイバ取付部１１５および出力ファイバ取付部１１６は、筐体１１０の側面に対して傾斜させて光ファイバ１２１，１２２が取り付けられる構造であってもよい。光送受信機における光変調器の実装スペースの制約等を考慮して、実装性に優れた取付構造を選択すればよい。

【００２３】

図２Ａ及び図３に示すように、筐体１１０内に収容される光ファイバ１３０は、少なくとも光変調素子１５０を横切る区間が、遮光部材１３１で被覆されていることが好ましい。これにより、光ファイバ１３０から漏洩した光が光変調素子１５０に影響を及ぼすことを抑制できる。なお、内蔵の光ファイバの全体が遮光部材で被覆されてもよいことは言うまでもない。また、光ファイバ１２１と光ファイバ１３０は、別々の光ファイバであってもよいが、同じ光ファイバである方が好ましい。

【００２４】

図４Ａ～図４Ｃは、本発明に適用し得るＰＬＣの例を示す平面図である。図４Ａは、光波を分岐しないＰＬＣ（１×１　ＰＬＣ）の例であり、図４Ｂは、光波を２分岐するＰＬＣ（１×２　ＰＬＣ）の例であり、図４Ｃは、光波を４分岐するＰＬＣ（１×４　ＰＬＣ）の例であり、図４Ｄは、光波を８分岐するＰＬＣ（１×８　ＰＬＣ）の例である。また、図５は、本発明に適用し得るＰＬＣの例を示す側面図である。

【００２５】

ＰＬＣ１４０は、いずれかの側面の一部が、光変調素子１５０の光波入力側の端面と接合され、同じ側面の他の一部に、光ファイバ１３０が接続される接続部１４２を設けてある。また、ＰＬＣ１４０には、接続部１４２に接続された光ファイバ１３０から導入される光波を、接続部１４２と同じ面に接合された光変調素子１５０に導くように、Ｕ字状の光導波路１４１が形成されている。本構成により、光ファイバの余長部を筐体の長手方向の空間を利用して構成することができるので、筐体の幅方向への不必要な長尺化を防ぐことができる。

【００２６】

光変調素子１５０は、ニオブ酸リチウム材料等の基板１５１にマッハツェンダ型の光導波路１５２を形成してあり、光導波路１５２を伝搬する光波を高周波の制御信号により変調する。光変調素子１５０の光波入力側の端面は、基板１５１の光導波路１５２とＰＬＣ１４０の光導波路１４１とが直接接続されるように、ＰＬＣ１４０と接合される。また、基板１５１の光波入力側の端部上面には、ＰＬＣ１４０との接続を補強するための補強部材１５３が固定される。

【００２７】

このように、本例のＰＬＣ１４０は、いずれかの側面から導入された光波を、Ｕ字状に折り返して、同じ側面に接合された光変調素子１５０に出力するように構成してあるので、内蔵の光ファイバや光変調素子上の光導波路で光波の折り返し経路を形成する場合に比べ、曲げ半径を小さくすることができる。したがって、光変調器の小型化、特に長手方向の短尺化に有効である。

【００２８】

また、図４Ｂ～図４Ｄに示すように、ＰＬＣ１４０内に導入された光波を複数に分岐して光変調素子１５０に導くように光導波路１４１を形成することで、光変調素子上の光導波路で光波を複数に分岐する構成よりも、長手方向の長さを抑えることが可能となる。ＰＬＣは光変調素子（ＬＮ）に比べて光導波路の屈折率差が大きく、光導波路の曲率を小さくしても低損失で伝搬できるためである。なお、光波の分岐を全てＰＬＣ１４０で行う方が好ましいが、一部の分岐をＰＬＣ１４０で行い、残りの分岐を光変調素子１５０で行うようにしても、光変調器の長手方向の短尺化を実現できる。

【００２９】

また、本例のＰＬＣ１４０は、光変調素子１５０の光波入力側の端面との接合面が、接合面における光波の進行方向に直交する平面に対して傾斜させてある。図４Ａ～図４Ｄでは、基板を平面視した際の光波の進行方向に直交する方向（すなわち、基板の短手方向）に対して、ＰＬＣ１４０の接合面を傾斜させてある。また、図５では、基板を断面視した際の光波の進行方向に直交する方向（すなわち、基板の垂直方向）に対して、ＰＬＣ１４０の接合面を傾斜させてある。

【００３０】

このような構成によれば、光波が接合面で反射することを抑制でき、ノイズの発生を低

減することができる。また、ＰＬＣ１４０の接合面と同じ面に接続部１４２を設けてあるので、接続部１４２の端面も同様に傾斜することになる。したがって、接続部１４２に接続される光ファイバ１３０からＰＬＣ１４０に光波が導入される際の反射も抑制できる。なお、ＰＬＣ１４０の接合面を傾斜させる角度は、光波の反射を有効に抑制できる角度であれば良く、例えば、５度程度の傾斜が用いられる。ここで、図４Ｂ～図４Ｄのように光波を分岐する構成の場合には、ＰＬＣの接合面を傾斜させる角度を、各光波の経路長が一致するような角度にすることが望ましい。これにより、分岐された各光波信号の光路長を揃え、時間差を低減することも可能となる。

【００３１】

図６は、本発明に適用し得る空間光学部品の例を示す平面図である。同図では、光変調素子１５０から２つの光波が出力され、その下流側に配置された空間光学部品１６０で、これら２つの光波を合成して出力ファイバ取付部１１６に導くように構成されている。本例の空間光学部品１６０は、２つのレンズ１６１と、波長板１６２と、偏波合成素子（ＰＢＣ；Polarization Beam Combiner）１６３とを有する。ＰＢＣ１６３は、２つの傾斜面１６４，１６５を有する。このうち、傾斜面１６５は、誘電体多層膜等により、所定の偏波方向の光波を反射する一方で、所定の偏波方向に直交する偏波方向の光波を透過するように形成されている。

【００３２】

光変調素子１５０から出力される一方の光波は、波長板１６２を通過せずにＰＢＣ１６３に直接入力され、傾斜面１６４で出力ファイバ取付部１１６の方向に反射され、傾斜面１６５を通過して出力ファイバ取付部１１６に到達する。光変調素子１５０から出力される他方の光波は、波長板１６２を通過し、その過程で偏波方向が９０度回転されてからＰＢＣ１６３に入力され、傾斜面１６５で出力ファイバ取付部１１６の方向に反射される。

【００３３】

したがって、光変調素子１５０から２つの光波は、空間光学部品１６０で偏波合成されて、出力ファイバ取付部１１６に到達することになる。このような構成によれば、光変調素子の光波出力側の近傍に出力ファイバ取付部を配置することができるので、光変調器の長手方向の短尺化に有効である。

【００３４】

図７は、本例の光変調器を光送受信機に収容した例を示す平面図である。同図に示すように、本例の光変調器１００は長手方向を短尺化してあるので、光送受信機２００内に余裕を持って収容することが可能となる。また、光変調器１００の筐体の１つの側面だけを光波および各種信号の入出力に使用するので、光送受信機２００内の配置位置の自由度が高くなる。また、２つの光ファイバの取付部を隣接させて配置したので、光送受信機２００内の他の実装部品との干渉も抑えやすくなり、光送受信機２００の設計自由度が高められる。更に、２つの光ファイバをまとめて取り扱えるので、光送受信機２００内における光ファイバの取り回しが容易である。

【００３５】

以上、実施例に基づいて本発明を説明したが、本発明は上述した内容に限定されず、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜設計変更することが可能である。

【産業上の利用可能性】

【００３６】

本発明によれば、長手方向を短尺化しつつ、光送受信機に実装する場合の長手方向の実装面積を抑えることが可能な構造の光変調器を提供することができる。

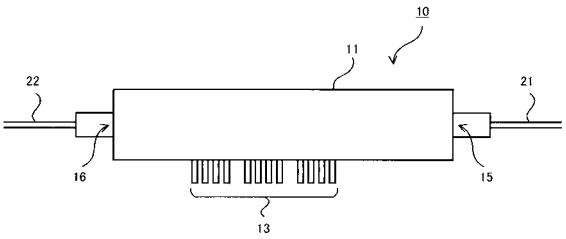
【符号の説明】

【００３７】

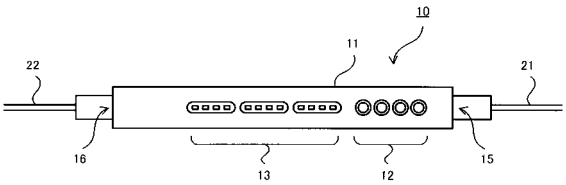
１０，１００　光変調器
１１，１１０　筐体
１２，１１２　制御端子
１３，１１３　信号端子

１５，１１５　入力ファイバ取付部
１６，１１６　出力ファイバ取付部
１１８　ガイド部
２１，２２，１２１，１２２，１３０　光ファイバ
１３１　遮光部材
１４０　ＰＬＣ
１４１　光導波路
１４２　接続部
１５０　光変調素子
１５１　基板
１５２　光導波路
１５３　補強部材
１６０　空間光学部品
１６１　レンズ
１６２　波長板
１６３　ＰＢＣ
１６４，１６５　傾斜面

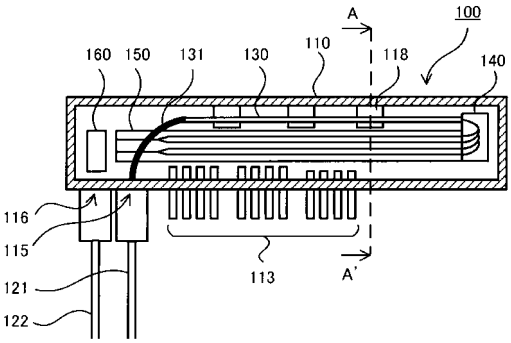
【図１Ａ】



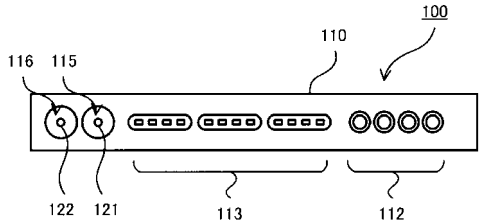
【図１Ｂ】



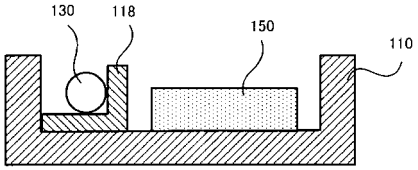
【図２Ａ】



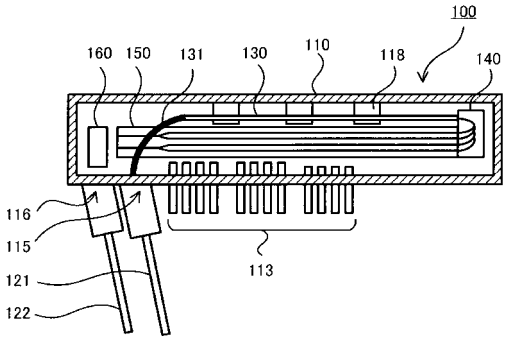
【図２Ｂ】



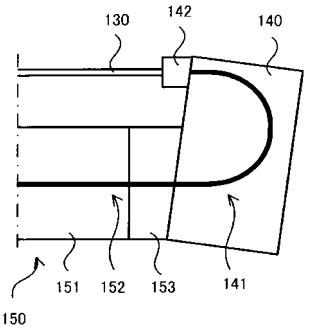
【図２Ｃ】



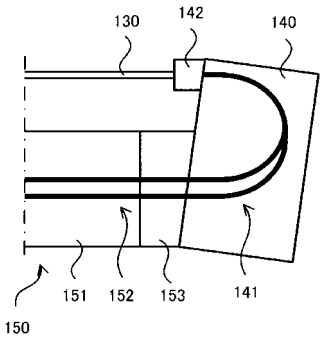
【図３】



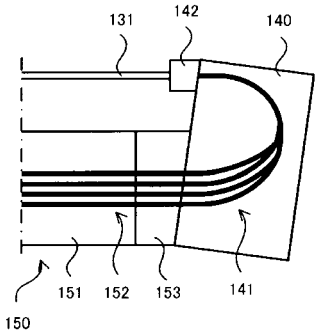
【図４Ａ】



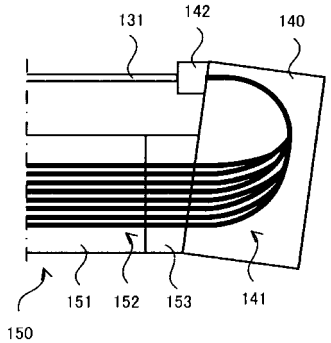
【図４Ｂ】



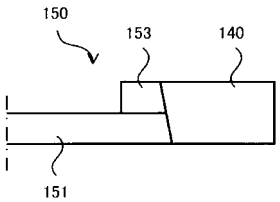
【図４Ｃ】



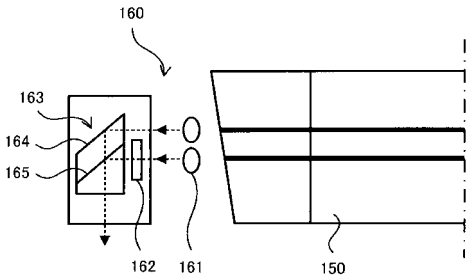
【図４Ｄ】



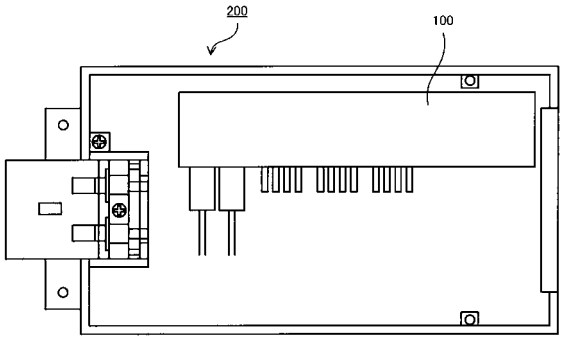
【図５】



【図６】



【図７】



フロントページの続き

Ｆターム(参考) 2K102 AA22 BA02 BA03 BB01 BB04 BC04 BD01 CA20 DB04 DC08
DD05 EA02 EB12 EB16 EB30