

(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2008-276001

(P2008-276001A)

(43) 公開日 平成20年11月13日(2008.11.13)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>G02B 6/122 (2006.01)</b>	G02B 6/12	D 2H137
<b>G02B 6/30 (2006.01)</b>	G02B 6/30	2H147

審査請求 有 請求項の数 10 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2007-121001 (P2007-121001)	(71) 出願人	000004226 日本電信電話株式会社 東京都千代田区大手町二丁目3番1号
(22) 出願日	平成19年5月1日(2007.5.1)	(74) 代理人	100077481 弁理士 谷 義一
		(74) 代理人	100088915 弁理士 阿部 和夫
		(72) 発明者	石井 元速 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日 本電信電話株式会社内
		(72) 発明者	井上 靖之 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日 本電信電話株式会社内

最終頁に続く

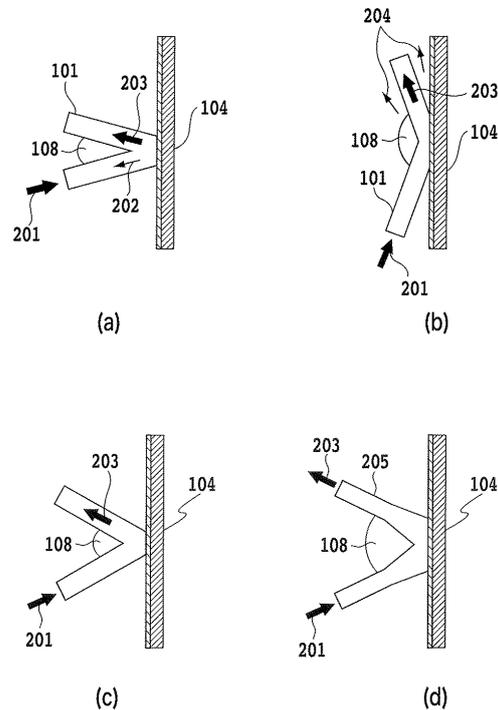
(54) 【発明の名称】 光分岐回路および光分岐モジュール

(57) 【要約】

【課題】 小型で低コストの光分岐回路および光分岐モジュールを提供する。

【解決手段】 本発明の一態様によれば、複数の光分岐素子(106, 107a, 107b, 102)が基板上で光導波路(101)を介して多段接続された光分岐回路(103)は、第1の光分岐素子(106)で分岐した一方の光を反射し、第2の光分岐素子(107a)へ折り返すように構成された第1の反射板(104a)と、第1の光分岐素子(106)で分岐した他方の光を反射し、第3の光分岐素子(107b)へ折り返すように構成された第2の反射板(104b)とを備えている。このように、分岐回路(103)を反射板(104)を用いた折り返し構造とすることによって、従来構造のものに比べて小型化が可能となる。また、光分岐回路(103)に接続する光ファイバ(105)を光分岐回路の1つの端面に集約できるため、従来構造の光分岐モジュールに比べてケースサイズを小型化できる。

【選択図】 図3



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

複数の光分岐素子が基板上で光導波路を介して多段接続された光分岐回路であって、  
第 1 の光分岐素子で分岐した一方の光を反射し、第 2 の光分岐素子へ折り返すように構成された第 1 の反射板と、

第 1 の光分岐素子で分岐した他方の光を反射し、第 3 の光分岐素子へ折り返すように構成された第 2 の反射板と

を備えたことを特徴とする光分岐回路。

**【請求項 2】**

請求項 1 に記載の光分岐回路であって、

前記第 1 の反射板は、第 1 の光分岐素子で分岐した一方の光を第 2 の光分岐素子へ反射するときの損失が 1 d B 以下、反射減衰量が 4 0 d B 以上となるように構成され、前記第 2 の反射板は、第 1 の光分岐素子で分岐した他方の光を第 3 の光分岐素子へ反射するときの損失が 1 d B 以下、反射減衰量が 4 0 d B 以上となるように構成されたことを特徴とする光分岐回路。

10

**【請求項 3】**

請求項 1 または 2 に記載の光分岐回路であって、

前記光導波路は、反射板近傍でテーパ構造を有していることを特徴とする光分岐回路。

**【請求項 4】**

請求項 1 から 3 のいずれかに記載の光分岐回路であって、

前記反射板は、前記基板の異なる端面に形成されていることを特徴とする光分岐回路。

20

**【請求項 5】**

請求項 1 から 3 のいずれかに記載の光分岐回路であって、

前記反射板は、前記基板の上の異なる溝に形成されていることを特徴とする光分岐回路。

**【請求項 6】**

請求項 1 から 5 のいずれかに記載の光分岐回路であって、

前記反射板は、金属または誘電体多層膜で形成されていることを特徴とする光分岐回路

。

**【請求項 7】**

請求項 1 から 6 のいずれかに記載の光分岐回路であって、

入力用の光導波路および出力用の光導波路が基板の同一の端面に集約されていることを特徴とする光分岐回路。

30

**【請求項 8】**

請求項 1 から 7 のいずれかに記載の光分岐回路であって、

前記光分岐素子は、Y 分岐型、方向性結合器型、マッハツェンダ干渉計型および多モード干渉計型のいずれかであることを特徴とする光分岐回路。

**【請求項 9】**

請求項 1 から 8 のいずれかに記載の光分岐回路の入力用の光導波路および出力用の光導波路に光ファイバを接続したことを特徴とする光分岐モジュール。

**【請求項 10】**

請求項 9 に記載の光分岐モジュールであって、

前記入力用の光導波路に接続された光ファイバと、前記出力用の光導波路に接続された光ファイバとは、対向する方向に延伸するよう構成されたことを特徴とする光分岐モジュール。

40

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、光通信などの分野に用いられる光分岐回路および光分岐モジュールなどの光部品に関する。

**【背景技術】**

50

## 【 0 0 0 2 】

光通信において、光を効率的かつ経済的に伝送できる光ネットワークが不可欠であり、そのためには、使用する光ファイバの利用効率を上げることが有効である。電話局から加入者までを繋ぐアクセス網において光ファイバの利用効率を上げる手法として、電話局から複数の加入者への光信号を一本の光ファイバに多重化して伝送し、加入者宅の近くで光信号を分岐して加入者宅に伝送するパッシブ光ネットワーク（PON）が知られている。このような光ネットワークでは、光を分岐する光分岐モジュールが重要なデバイスであり、数多く使用されるため、低コストで設置が容易な小型の光分岐モジュールが求められている。

## 【 0 0 0 3 】

従来の小型の光分岐モジュールでは、特許文献 1 に記載されているように、光導波路のコアとクラッドの比屈折率差を大きくして最小曲がり半径を小さくすることによって、光分岐モジュール（特許文献 1 では、光スプリッタ）を小型化している。

## 【 0 0 0 4 】

図 1 1 に、特許文献 1 に記載された従来例の構成を示す。図 1 1 ( a ) は、最小曲がり半径が大きい導波回路 6 1 で構成した導波路型光回路 5 1 を示している。これは、1 入力 4 出力の光分岐回路の例である。曲がり半径が大きな屈曲部 A を有するため、導波路型光回路 5 1 の長さ L 1 も大きくなる。これに対して、図 1 1 ( b ) は、最小曲がり半径が小さい導波回路 4 1 で構成した導波路型光回路 3 1 を示している。曲がり半径が小さい屈曲部 B によって導波路型光回路 3 1 が構成されているため、その長さ L 2 が短くなっている。

## 【 0 0 0 5 】

図 1 1 ( c ) は、導波路型光回路 3 1 を用いた光スプリッタ 3 0 を示している。この光スプリッタ 3 0 は、導波路型光回路 3 1 の入出力端に接続されたファイバブロック 3 2 および 3 4、さらにこれらを収納するケース 3 6 から構成されている。ファイバブロック 3 2 および 3 4 は、単心光ファイバ 3 3 および 3 5 a を有しており、これらの単心光ファイバを介して導波路型光回路 3 1 に光を入出力している。なお、単心光ファイバ 3 5 a は、テープファイバ 3 5 の被覆を剥がすことによって、露出している。

## 【 0 0 0 6 】

この従来例では、小型化された導波路型光回路 3 1 を適用することによって、光スプリッタ 3 0 の寸法を長さ 4 c m 以下、縦 4 m m 以下、横 4 m m 以下にすることが可能である。この寸法は、図 1 2 に示す光クロージャ 1 0 または光キャビネット 2 0 の収納トレイ 1 1 または 2 1 に収納可能な値である。図 1 2 ( a ) は、光クロージャ 1 0 の外観を示し、図 1 2 ( b ) は、光クロージャの内部構成を示している。光クロージャは、光アクセス網の架空あるいは地下の配線区間に設置され、光ファイバ同士の接続部を保護するものである。光クロージャの両端からは、光ファイバケーブルが挿入できる構造となっている。光クロージャ 1 0 は、内部に複数の収納トレイ 1 1 を備えており、光ファイバケーブル 1 2 の心線 1 2 a と光ファイバケーブル 1 3 , 1 4 の心線 1 3 a , 1 4 a を融着またはメカニカルスプライスした接続部 1 5 を収納トレイ 1 1 の固定部 1 6 に固定可能な構造となっている。

## 【 0 0 0 7 】

図 1 2 ( c ) は、光キャビネットの外観を示し、図 1 2 ( d ) は、光キャビネットの内部構造を示している。光キャビネットは、加入者宅に光ファイバケーブルを終端するために光ファイバケーブルの固定および収納や接続などを行うためのものである。光キャビネットの一端からは、光ファイバケーブルが挿入できる構造となっているのが一般的である。光キャビネット 2 0 は、内部に複数の収納トレイ 2 1 を備えた例であり、光ファイバケーブル 2 2 の心線 2 2 a と光ファイバケーブル 2 3 の心線 2 3 a を融着またはメカニカルスプライスした接続部 2 4 を収納トレイ 2 1 の固定部 2 5 に搭載可能な構造となっている。

## 【 0 0 0 8 】

10

20

30

40

50

従来例として示した光スプリッタ30は、収納トレイ11, 21の固定部16, 25に固定可能なサイズであるため、従来の光クロージャまたは光キャビネットの構造を変更することなく、光スプリッタを収納できる点で有利である。

【0009】

【特許文献1】特開2002-221638号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、光クロージャまたは光キャビネットも含めてさらなる小型化を考えた場合、光分岐回路のさらなる小型化が要望される。また、光分岐回路の両端に光ファイバが接続されている従来構造では、図12(b)および図12(d)に示すように光分岐モジュール(スプリッタ)を固定する固定部16, 25の両端に光ファイバを取り廻す領域17, 26が必要となり、収納トレイ11, 12の小型化が困難であった。

10

【0011】

本発明は、このような問題に鑑みてなされたもので、光分岐モジュールが収納トレイなどに固定される場合であっても、光ファイバの取り廻し領域を削減できる小型の光分岐回路および光分岐モジュールを低コストで提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明は、このような目的を達成するために、請求項1に記載の発明は、複数の光分岐素子が基板上で光導波路を介して多段接続された光分岐回路であって、第1の光分岐素子で分岐した一方の光を反射し、第2の光分岐素子へ折り返すように構成された第1の反射板と、第1の光分岐素子で分岐した他方の光を反射し、第3の光分岐素子へ折り返すように構成された第2の反射板とを備えたことを特徴とする。

20

【0013】

また、請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の光分岐回路であって、前記第1の反射板は、第1の光分岐素子で分岐した一方の光を第2の光分岐素子へ反射するときの損失が1dB以下、反射減衰量が40dB以上となるように構成され、前記第2の反射板は、第1の光分岐素子で分岐した他方の光を第3の光分岐素子へ反射するときの損失が1dB以下、反射減衰量が40dB以上となるように構成されたことを特徴とする。

30

【0014】

また、請求項3に記載の発明は、請求項1または2に記載の光分岐回路であって、前記光導波路は、反射板近傍でテーパ構造を有していることを特徴とする。

【0015】

また、請求項4に記載の発明は、請求項1から3のいずれかに記載の光分岐回路であって、前記反射板は、前記基板の異なる端面に形成されていることを特徴とする。

【0016】

また、請求項5に記載の発明は、請求項1から3のいずれかに記載の光分岐回路であって、前記反射板は、前記基板の上の異なる溝に形成されていることを特徴とする。

【0017】

また、請求項6に記載の発明は、請求項1から5のいずれかに記載の光分岐回路であって、前記反射板は、金属または誘電体多層膜で形成されていることを特徴とする。

40

【0018】

また、請求項7に記載の発明は、請求項1から6のいずれかに記載の光分岐回路であって、入力用の光導波路および出力用の光導波路が基板の同一の端面に集約されていることを特徴とする。

【0019】

また、請求項8に記載の発明は、請求項1から7のいずれかに記載の光分岐回路であって、前記光分岐素子は、Y分岐型、方向性結合器型、マッハツェンダ干渉計型および多モード干渉計型のいずれかであることを特徴とする。

50

## 【 0 0 2 0 】

また、請求項 9 に記載の発明は、光分岐モジュールであって、請求項 1 から 8 のいずれかに記載の光分岐回路の入力用の光導波路および出力用の光導波路に光ファイバを接続したことを特徴とする。

## 【 0 0 2 1 】

また、請求項 10 に記載の発明は、請求項 9 に記載の光分岐モジュールであって、前記入力用の光導波路に接続された光ファイバと、前記出力用の光導波路に接続された光ファイバとは、対向する方向に延伸するよう構成されたことを特徴とする。

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 2 2 】

本発明によれば、光分岐回路を反射板を用いた折り返し構造とすることによって、従来構造のものに比べて小型化が可能となる。光分岐回路は、ウェハなどの基板に一括して複数の回路が作製されるため、そのサイズが小さくなれば、ウェハあたりの収量が増え、低コスト化につながる。さらに、光分岐回路に接続する光ファイバを光分岐回路の 1 つの端面に集約できるため、従来構造の光分岐モジュールに比べてケースサイズを小型化できる。また、光ファイバの接続が 1 つの端面に集約されるため、光ファイバの接続に要する作業時間が削減され、光分岐モジュールの製造コストの低減につながる。

## 【 発明を実施するための最良の形態 】

## 【 0 0 2 3 】

以下、図面を参照しながら本発明の実施形態について詳細に説明する。

## 【 0 0 2 4 】

図 1 は、本発明に係る光分岐モジュールの構成例を示している。この光分岐モジュールは、入力または出力用の光ファイバ 105 と、入力用光ファイバからの光を分岐し、出力用光ファイバへ導波する光分岐回路 103 と、光分岐回路を導波する光を反射して折り返す反射板 104 a , 104 b とを備えている。光分岐回路 103 は、光を導波する光導波路 101 と、光を分岐する光分岐素子 102 , 106 , 107 a , 107 b とから構成され、基板上に屈折率の低いクラッドと、屈折率の高いコアとから形成される。光分岐回路の入力用光導波路 109 および出力用光導波路 110 は、それぞれ入力用および出力用の光ファイバ 105 と接続されている。

## 【 0 0 2 5 】

第 1 の反射板 104 a および第 2 の反射板 104 b は、光分岐回路の端面に設置され、第 1 の光分岐素子 106 からの光をそれぞれ反射し、第 2 の光分岐素子 107 a および第 3 の光分岐素子 107 b へ折り返している。すなわち、入力用光導波路 109 から入射し、第 1 の光分岐素子 106 を伝搬してきた光がそれぞれ反射板 104 a , 104 b を介して、所望の角度 108 a , 108 b で折り返されて、後段の光分岐素子 107 a , 107 b , 102 を伝搬し、出力用光導波路 110 に出射する。このように、反射板を用いて光導波路を折り返す構成とすることによって、光分岐回路の全長を短くすることができ、小型化が可能となる。

## 【 0 0 2 6 】

反射板 104 a , 104 b は、図 1 に示すように、光導波路のコアが露出した光分岐回路 103 の端面に、金属または誘電体多層膜として形成することができる。あるいは、反射板は、光分岐回路 103 の基板をエッチングなどで溝を形成し、コアが露出した溝の端面に形成してもよい。反射板は、個別部材として光分岐回路の端面に接着させて形成することもできるが、反射板を直接、光分岐回路の端面に蒸着により形成するようにすれば、小型化および低コスト化に有利である。

## 【 0 0 2 7 】

図 1 は、光分岐素子 102 , 106 , 107 a , 107 b として、Y 分岐型の素子を採用した場合の構成を示している。本発明は、Y 分岐型の素子に限られず、方向性結合器型、マッハツェンダ干渉計型、多モード干渉型の素子を用いてもよい。図 2 に、これら素子の概略図を示す。図 2 ( a ) は、Y 分岐型の光分岐素子を、図 2 ( b ) は、方向性結合型

10

20

30

40

50

の光分岐素子を、図 2 ( c ) は、マッハツェンダ干渉計型の光分岐素子を、図 2 ( d ) は、多モード干渉型の光分岐素子の構成を示している。各素子は、入射光 1 0 0 1 を 2 つの経路に分岐し、出射光 1 0 0 2 を出力する。光導波路 1 0 1 は、シングルモードの光のみが伝搬する構造であるが、多モード干渉型の光分岐素子にはスラブ導波路 1 0 0 3 が配置されており、このスラブ導波路 1 0 0 3 において複数のモードの干渉が起こる。なお、光分岐素子は、光の相反性により、光を出力用光導波路側から入射した場合は光合波素子として機能することは言うまでもない。

#### 【 0 0 2 8 】

次に、反射板での反射角について説明する。図 3 は、光分岐モジュールの反射板での光導波路の角度と構造について説明するための図であり、図 1 の反射板 1 0 4 近傍の光導波路を拡大したものである。

10

#### 【 0 0 2 9 】

図 3 ( a ) は、反射角が小さすぎる場合の反射光の様子を示している。第 1 の光分岐素子からの光 2 0 1 が反射板 1 0 4 で 1 0 度未満の反射角 1 0 8 で入射すると、その光の一部 2 0 2 が前段の光分岐素子側に戻り、後段の光分岐素子に入射する光 2 0 3 が減少する。通常、反射角が 1 0 度未満の場合、反射板 1 0 4 における反射減衰量が 4 0 d B 以下または挿入損失が 1 d B 以上となり、光分岐回路の光学特性が劣化する。

#### 【 0 0 3 0 】

図 3 ( b ) は、反射角が大きすぎる場合の反射光の様子を示している。第 1 の光分岐素子からの光 2 0 1 が反射板 1 0 4 で 1 2 0 度以上の反射角 1 0 8 で入射すると、反射板 1 0 4 の広い面積にわたって広がり、反射板 1 0 4 の光学的な揺らぎの影響を受けやすくなる。反射板 1 0 4 の揺らぎが大きい場合、前段の光分岐素子からの光 2 0 1 が反射板 1 0 4 で散乱して、光導波路と結合しない光 2 0 4 が増加し、後段の光分岐素子に入射する光 2 0 3 が減少する。通常、反射角が 1 2 0 度以上の場合、反射板で挿入損失が 1 d B 以上となり、光分岐回路の特性が劣化する。

20

#### 【 0 0 3 1 】

図 3 ( c ) は、反射角が適切な場合の反射光の様子を示している。前段の光分岐素子からの光 2 0 1 が反射板 1 0 4 で適切な反射角 1 0 8 で入射すると、その光のほとんどが後段の光分岐素子に入射する。そのため、光分岐回路の光学特性の劣化は小さい。上記の通り、通常、反射角は、1 0 度以上、1 2 0 度未満であれば適切である。光学特性の要求条件がさらに厳しい場合、例えば、反射板 1 0 4 における反射減衰量を 4 0 d B 以上、損失を 0 . 5 d B 以下にするためには、反射板 1 0 4 の反射角 1 0 8 は、1 0 度から 6 0 度にするのが望ましい。

30

#### 【 0 0 3 2 】

図 3 ( d ) は、反射板近傍での光導波路のテーパ構造を示している。反射板 1 0 4 での損失を低減するためには、反射板 1 0 4 と接する 2 本の光導波路が交差する部分の回折損失を小さくする必要がある。この回折損失を低減するために、図 3 ( d ) に示すように、光導波路の幅を反射板に近づくにつれて徐々に広げたテーパ構造 2 0 5 を採用することができる。これにより、光分岐回路の挿入損失を改善することができる。

40

#### 【 0 0 3 3 】

図 4 は、本発明に係る光分岐モジュールの別の構成例を示している。図 4 の構成では、第 1 の分岐素子 1 0 6 で分岐した 2 つの光導波路のそれぞれに対して、光分岐回路の異なる端面に別個の反射板 1 0 4 a および 1 0 4 b が形成されている。光分岐回路の異なる端面のそれぞれに別個の反射板を形成することによって、後段の光分岐素子 1 0 7 に対して最適の入射角で光を反射することができ、光分岐回路 1 0 3 のさらなる小型化に有利である。図 4 の例では、第 2 および第 3 の光分岐素子 1 0 7 a および 1 0 7 b に対して、それぞれ、反射板 1 0 4 a および 1 0 4 b からの光導波路がほぼ直線的に最短の距離で入射するような構成となっている。

#### 【 0 0 3 4 】

図 5 は、本発明に係る光分岐モジュールと従来の光分岐モジュールとを対比して説明す

50

るための図である。図5の上段の光分岐モジュールは、本発明による構成例を示し、図5の下段の光分岐モジュールは、従来の構成例を示している。下段の光分岐モジュール401は、3段の光分岐素子102がツリー状に連なった1入力8出力の光分岐回路を備えている。一方、上段の光分岐モジュール402は、第1の光分岐素子106からの光導波路が反射板104a, 104bで折り返されて後段の光分岐素子107a, 107bへ接続された1入力8出力の光分岐回路を備えている。

【0035】

上段の光分岐モジュール402では、折り返し構成のため、光分岐回路103に接続される光ファイバ105が光分岐回路の1つの端面に集約されている。そのため、光分岐回路の両端に光ファイバが接続されている下段の光分岐モジュールに比べてケースサイズを小さくできるだけでなく、光ファイバを収納する際の取り廻し領域も削減できる。

10

【0036】

また、光分岐モジュールにおいて、前段の光分岐素子は、光分岐回路の初段の光分岐素子であり、光分岐回路の分岐のばらつきを決める重要な素子である。したがって、初段の光分岐素子は、分岐のばらつきを最小限に抑えるような分岐特性を優先した回路構造を採用することが望ましい。

【0037】

本発明による光分岐モジュール402の構成の場合、第1の光分岐素子106は、光ファイバが接続される端面から反射板104が形成される端面の間に配置すればよい。したがって、従来の光分岐モジュール401の構成に比べて、本発明による光分岐モジュール401の構成では、前段の光分岐素子106を配置する自由度が大きく、分岐特性を優先した最適設計が容易となる。例えば、第1の光分岐素子106をY分岐ではなく、マッシュング干渉計型などの全長が比較的長い光分岐素子に置き換えても光分岐回路全体の長さを変えることなく、構成することができる。

20

【0038】

また、光分岐モジュール402では、光導波路を交差させることなく、折り返し構造を実現している。光導波路を交差させなければ、交差部での交差損失がなく、光分岐回路の特性上望ましい。図5に示すように、前段の1つの光分岐素子と後段の光分岐素子の間に反射板を配置して折り返す場合には、光導波路の交差部がない構成を容易に実現できる。

【0039】

次に、光導波路が交差している場合でも、本発明による光分岐回路および光分岐モジュールを実現できることを示す。図6に、本発明に係る光分岐モジュールの別の構成例を示している。図6の構成では、光導波路がいくつかの箇所では交差していることが分かる。図6(a)および(b)は、いずれも3段の光分岐素子から構成される1入力8出力の光分岐回路であり、2段目の光分岐素子1102が反射板104を介して3段目の光分岐素子1103と繋がっている。図6(a)と(b)との構成上の差異は、2段目の光分岐素子の配置にある。この場合、2段目の光分岐素子が反射板に対して第1の分岐素子となり、3段目の光分岐素子が第2および第3の分岐素子となる。

30

【0040】

図6(a)の構成では、2段目のそれぞれの第1の光分岐素子1102で分岐された2本の光導波路が反射板104で2段目のそれぞれの光分岐素子1102を挟むように折り返されている。この構成は、反射板で折り返される光導波路が2段目の光分岐素子に対して対称な配置となるため、光導波路のレイアウトが簡単であり、光分岐回路103のサイズを小さくできる。ただし、2段目の光分岐素子1102と3段目の光分岐素子1103の配置によっては、図6(a)に示すように、光導波路の交差部1104が光分岐回路全体で4箇所となり、交差損失が累積し、損失が大きくなるという問題がある。

40

【0041】

図6(b)の構成では、2段目のそれぞれの光分岐素子1102で分岐された2本の光導波路が反射板104で2段目のそれぞれの光分岐素子1102の外側に折り返されている。この構成は、2段目の光分岐素子で分岐された2本の光導波路が必ず光導波路の交差

50

部 1 1 0 4 を 1 回 通 る 構 成 で あ る 。 そ の た め 、 交 差 損 失 は あ る も の の 、 出 力 用 導 波 路 1 1 0 から 出 力 さ れ る 光 強 度 の ば ら つ き が 少 な く 、 均 一 に な る と い う 利 点 が あ る 。 た だ し 、 反 射 板 1 0 4 で 折 り 返 さ れ る 光 導 波 路 の レ イ ア ウ ト が 複 雑 に な る た め 、 光 分 岐 回 路 1 0 3 の サ イ ズ は 、 図 6 ( a ) の 構 成 に 比 べ る と 大 き く な る 場 合 が あ る 。

#### 【 0 0 4 2 】

図 6 に 示 す よ う に 光 導 波 路 に 交 差 部 1 1 0 4 が あ る 場 合 、 交 差 損 失 を 低 減 す る 導 波 路 設 計 が 有 効 で あ る 。 交 差 損 失 は 、 交 差 す る 導 波 路 の 交 差 角 に 依 存 し 、 交 差 角 が 直 角 に 近 づ く ほ ど 小 さ く な る 。 例 え ば 、 交 差 角 を 4 0 度 以 上 に す れ ば 、 交 差 損 失 を 0 . 5 d B 以 下 に す る こ と が 可 能 で あ る 。

#### 【 0 0 4 3 】

次 に 、 本 発 明 の 実 施 例 に つ い て 具 体 的 に 説 明 す る 。

#### 【 実 施 例 1 】

#### 【 0 0 4 4 】

図 7 は 、 本 発 明 の 実 施 例 1 に つ い て 説 明 す る た め の 図 で あ る 。 図 7 ( a ) は 、 ケ ー ス に 収 納 す る 前 の 光 分 岐 モ ジ ュ ー ル を 示 し て い る 。 本 実 施 例 の 光 分 岐 モ ジ ュ ー ル は 、 反 射 板 1 0 4 a , 1 0 4 b を 備 え た 光 分 岐 回 路 1 0 3 と 、 光 フ ァ イ バ ブ ロ ッ ク 5 0 1 と か ら 構 成 さ れ て い る 。 光 分 岐 回 路 1 0 3 は 、 石 英 ガ ラ ス 基 板 上 に 形 成 さ れ た 光 導 波 路 に よ っ て 形 成 さ れ た 光 分 岐 素 子 1 0 6 , 1 0 7 a , 1 0 7 b , 1 0 2 を 構 成 要 素 と し て 、 1 入 力 8 出 力 の 光 ス プ リ ッ タ を 構 成 し て い る 。 光 分 岐 素 子 は 、 Y 分 岐 型 の 素 子 で あ る 。 反 射 板 1 0 4 a , 1 0 4 b は 、 厚 さ 1 m m の 石 英 ガ ラ ス 基 板 に A u 蒸 着 し た 反 射 面 を 有 し て お り 、 光 学 接 着 剤 を 用 い て 反 射 面 を 光 分 岐 回 路 の 端 面 に 接 着 し て い る 。 な お 、 反 射 板 で の 光 導 波 路 の 反 射 角 を 4 0 度 と し た 。 光 フ ァ イ バ ブ ロ ッ ク 5 0 1 は 、 4 心 テ ー プ フ ァ イ バ 5 0 6 と 5 心 テ ー プ フ ァ イ バ 5 0 7 を 重 ね て 、 9 本 の 光 フ ァ イ バ を V 溝 付 き 基 板 5 0 4 に 1 2 7  $\mu$ m ピ ッ チ で 整 列 す る よ う に 抑 え 板 5 0 5 で 固 定 し 、 さ ら に フ ァ イ バ 固 定 接 着 剤 5 0 3 で 光 フ ァ イ バ を V 溝 付 き 基 板 5 0 4 に 接 着 固 定 し た 構 造 で あ る 。 光 フ ァ イ バ ブ ロ ッ ク 5 0 1 は 、 光 分 岐 回 路 の 入 力 用 光 導 波 路 お よ び 出 力 用 光 導 波 路 と 光 軸 が 一 致 す る よ う に 光 を 入 射 し な が ら 調 心 ( ア ク テ ィ ブ ア ラ イ メ ン ト ) し 接 着 固 定 し た 。 な お 、 反 射 板 1 0 4 a , 1 0 4 b と 光 フ ァ イ バ ブ ロ ッ ク 5 0 1 を 接 着 す る 光 分 岐 回 路 1 0 3 の 端 面 は 、 接 着 強 度 を 確 保 す る た め 、 補 強 ガ ラ ス 5 0 2 を 接 着 固 定 し た 。 さ ら に 、 光 フ ァ イ バ ブ ロ ッ ク 5 0 1 側 の 端 面 は 、 光 学 特 性 を 劣 化 さ せ ない よ う に 斜 め 8 度 に 研 磨 し た 。

#### 【 0 0 4 5 】

光 導 波 路 の 比 屈 折 率 は 0 . 4 % 程 度 、 コ ア 径 は 7  $\times$  7  $\mu$ m 、 許 容 最 小 曲 げ 半 径 は 1 5 m m で あ っ た 。 光 分 岐 回 路 の 長 さ は 、 反 射 板 を 除 い て 6 m m で あ り 、 従 来 構 成 の 光 分 岐 回 路 よ り も 2 5 % 短 尺 化 で き た 。 光 分 岐 回 路 は 、 4 イ ン チ の 石 英 ウ ェ 八 基 板 上 に 作 製 し た が 、 ウ ェ 八 当 た り の 光 分 岐 回 路 の 収 量 も 2 5 % 増 加 す る こ と が で き た 。

#### 【 0 0 4 6 】

光 分 岐 回 路 の 挿 入 損 失 は 9 . 8 d B で あ り 、 従 来 の 光 分 岐 回 路 と 同 等 の 特 性 で あ っ た 。 な お 、 反 射 板 で の 損 失 は 0 . 2 d B で あ っ た 。

#### 【 0 0 4 7 】

図 7 ( b ) は 、 ケ ー ス 収 納 後 の 光 分 岐 モ ジ ュ ー ル を 示 し て い る 。 光 フ ァ イ バ 1 0 5 が 接 続 さ れ た 光 分 岐 回 路 1 0 3 は 、 光 フ ァ イ バ 1 0 5 の 取 り 出 し 口 に ゴ ム 製 の ブ ー ツ 5 0 8 を 有 す る 金 属 製 の ケ ー ス 5 0 9 に 収 納 さ れ て い る 。 4 心 テ ー プ フ ァ イ バ 5 0 6 と 5 心 テ ー プ フ ァ イ バ 5 0 7 は 、 ブ ー ツ 5 0 8 を 介 し て 、 ケ ー ス 5 0 9 の 外 側 に 取 り 出 し て い る 。 光 分 岐 モ ジ ュ ー ル の ケ ー ス 寸 法 は 3 c m で あ っ た 。 光 フ ァ イ バ ブ ロ ッ ク 5 0 1 が 光 分 岐 回 路 1 0 3 の 1 つ の 端 面 に 接 続 さ れ て い る た め に 、 図 1 1 の 従 来 例 で 示 し た ケ ー ス 寸 法 4 c m と 比 較 す る と 2 5 % 短 尺 化 で き た 。

#### 【 0 0 4 8 】

な お 、 5 心 テ ー プ フ ァ イ バ 5 0 7 に は 入 力 用 光 導 波 路 に 接 続 さ れ る 光 フ ァ イ バ と 出 力 用 光 導 波 路 に 接 続 さ れ る 光 フ ァ イ バ が 集 積 さ れ て い る が 、 必 要 に 応 じ て 単 心 化 し て 使 用 す る こ と が 可 能 で あ る 。

10

20

30

40

50

## 【0049】

本実施例では、反射板を光分岐回路と別部材で構成しているが、反射板として、金属あるいは誘電体多層膜を直接光分岐回路の端面に蒸着して形成しても同様の効果が得られる。

## 【実施例2】

## 【0050】

図8は、本発明の実施例2について説明するための図である。図8(a)は、本実施例に係る光分岐回路の構成を示している。基本的な構成は、実施例1の場合とほぼ同様であるため、実施例1との相違点について説明する。本実施例では、光分岐回路103に2つの溝601を形成し、反射板104a, 104bを挿入して折り返し構造を実現している。さらに、反射板104a, 104bを光ファイバが接続されている光分岐回路の端面に対向する向きからわずかに外側に傾けて配置することによって、反射板近傍での光の漏れの影響を低減する構成となっている。溝601は、幅150 $\mu$ m、深さ50 $\mu$ mであり、ドライエッチングで形成した。反射板104a, 104bは、薄膜に誘電体多層膜を蒸着して作製されている。

10

## 【0051】

本実施例では、光分岐回路と光ファイバの光軸合わせに光を入射せずに調心する方法(パッシブアライメント)で接続したため、光分岐回路上に光ファイバとの位置合わせ用の4個の嵌合凸部602a~dが形成されている。

## 【0052】

図8(b)は、光分岐回路と光ファイバをパッシブアライメントするために作製したV溝付きSi基板の構成を示している。V溝付きSi基板604は、光分岐回路103を位置決めして搭載するための4つの嵌合凹部603a~dと、光ファイバを搭載するV溝605を備えている。嵌合凹部603a~dおよびV溝605は、Si基板をウェットエッチングまたはドライエッチングにより形成した。Si基板のエッチング加工は、フォトリソを用いることによってサブミクロンの位置決め精度が可能である。

20

## 【0053】

図8(c)は、本実施例において作製した光分岐モジュールの構成を示している。光分岐モジュールは、V溝付きSi基板604上に光分岐回路103と光ファイバ105を整列固定することによって作製した。まず、V溝付きSi基板604に光分岐回路103を嵌合凹部603a~dと、嵌合凸部602a~dをそれぞれ嵌合させる。このとき、光分岐回路103に搭載された反射板104a, 104bがV溝付きSi基板604と干渉しないように、予め反射板104a, 104bがV溝付きSi基板604の外側にできるように設計した。次に、9本の光ファイバ105をV溝605に整列させ、光分岐回路103と光ファイバ105の対応する端面の距離が20 $\mu$ m以下になるように光軸方向の位置調整を行った後、抑え板505で光ファイバ105をV溝605内に布設しつつ、光分岐回路103と光ファイバ105を光学接着剤で接着固定した。次に、光ファイバ105に外力が加わって、光ファイバ105が破断や位置ずれを生じないように接着剤503で光ファイバ105をV溝付きSi基板604に接着固定した。最後に、光分岐モジュールをケースに収納した(図示せず)。

30

40

## 【0054】

本実施例では、光ファイバが光分岐回路の一端に集約して接続されているため、V溝付きSi基板などの石英ガラスと異なる熱膨張係数を有する部材を用いても、熱による膨張・収縮による応力の影響を受けにくい構造になっている。

## 【0055】

また、本実施例では、溝106に反射板104a, 104bを挿入した後、光分岐回路103をV溝付きSi基板604に搭載したが、反射板をV溝付きSi基板上に形成しておき、光分岐回路をV溝付きSi基板に搭載することによって、反射板104a, 104bが溝601に収納されるようにしてもよい。

## 【実施例3】

50

## 【 0 0 5 6 】

図 9 は、本発明の実施例 3 について説明するための図である。本実施例の光分岐モジュールは、5 段の光分岐素子 8 0 1 , 8 0 2 , 8 0 3 , 8 0 4 , 8 0 5 をツリー状に繋げて構成した 1 入力 3 2 出力の光分岐回路 1 0 3 と、エッチングで形成された溝 6 0 1 に挿入されたそれぞれ 2 つの反射板 1 0 4 a , 1 0 4 b と、入力用光導波路 1 0 9 および出力用光導波路 1 1 0 に光軸が一致するように接続された光ファイバ 1 0 5 とから構成されている。この光分岐回路 1 0 3 は、入力用光導波路 1 0 9 および出力用光導波路 1 1 0 のコアが同一端面に露出するように形成されており、光導波路 1 0 1 の交差部を生ずることなく、2 段目の光分岐素子 8 0 2 が反射板 1 0 4 a , 1 0 4 b を介して 3 段目の光分岐素子 8 0 3 と繋がった構成となっている。したがって、反射板に対しては、2 段目の光分岐素子 8 0 2 が第 1 の光分岐素子となる。なお、2 段目の光分岐素子 8 0 2 および 3 段目の光分岐素子 8 0 3 を他の光分岐素子に対して斜めに配置することによって、反射板 1 0 4 a , 1 0 4 b での適切な折り返しを実現するとともに、光分岐回路 1 0 3 のサイズが小さくなるように構成されている。

10

## 【 実施例 4 】

## 【 0 0 5 7 】

図 1 0 は、本発明の実施例 4 について説明するための図である。図 1 0 は、本発明に係る光分岐モジュールを光クロージャまたは光キャビネットに収納した状態を示しており、図 1 2 の従来例と比較して説明する。図 1 0 の基本構成は、図 1 2 と等しいため、同一の構成要素に使用している符号の下 2 桁は等しくしている。

20

## 【 0 0 5 8 】

図 1 0 ( a ) は、本発明に係る光分岐モジュールを光クロージャに収納した構成例を示している。この構成例では、光分岐モジュール 9 1 5 の片端に光ファイバ 9 1 2 a が接続されているため、光ファイバ 9 1 2 a , 9 1 3 b の取り廻し領域 9 1 7 は、収納トレイ 9 1 1 内に一箇所であり、図 1 2 ( b ) の従来例と比べて、光クロージャ 9 1 0 の小型化が可能となっている。また、取り廻し領域 9 1 7 において、光ファイバ 9 1 2 a と 9 1 3 a の巻き数の差を、 $N + 1 / 2$  周 (  $N$  は整数 ) とすることで、光ファイバ 9 1 3 a と 9 1 3 a をそれぞれ異なる向きに引き出すことができる。これにより、ファイバケーブル 9 1 2 および 9 1 3 を光クロージャ 9 1 0 の両端から引き出すことができる。

30

## 【 0 0 5 9 】

図 1 0 ( b ) は、本発明に係る光分岐モジュールを光キャビネットに収納した構成例を示している。光クロージャの場合と同様に、光ファイバ 9 2 2 a および 9 2 3 a を取り廻す領域 9 2 6 は、収納トレイ 9 2 1 内に一箇所であり、図 1 2 ( d ) の従来例と比べて、光キャビネット 9 2 0 の小型化が可能となっている。

## 【 0 0 6 0 】

本実施例では、光分岐モジュールに接続されている光ファイバと光クロージャまたは光キャビネットのファイバケーブルの間に接続点を設けていないが、必要に応じて、光分岐モジュールに接続されている光ファイバと光クロージャまたは光キャビネットのファイバケーブルから引き出された光ファイバを融着またはメカニカルスプライスしてもよい。

## 【 0 0 6 1 】

以上、本発明について、具体的にいくつかの実施形態について説明したが、本発明の原理を適用できる多くの実施可能な形態に鑑みて、ここに記載した実施形態は、単に例示に過ぎず、本発明の範囲を限定するものではない。ここに例示した実施形態は、本発明の趣旨から逸脱することなくその構成と詳細を変更することができる。さらに、説明のための構成要素および手順は、本発明の趣旨から逸脱することなく変更、補足、またはその順序を変えてもよい。

40

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 6 2 】

【 図 1 】 本発明に係る光分岐モジュールの構成例を示す図である。

【 図 2 】 本発明に係る光分岐回路に使用することができる光分岐素子の例を示す図である

50

。

【図 3】本発明に係る光分岐モジュールの反射板での光導波路の角度と構造について説明するための図である。

【図 4】本発明に係る光分岐モジュールの別の構成例を示す図である。

【図 5】本発明に係る光分岐モジュールと従来之光分岐モジュールとを対比して説明するための図である。

【図 6】本発明に係る光分岐モジュールの別の構成例を示す図である。

【図 7】本発明の実施例 1 について説明するための図である。

【図 8】本発明の実施例 2 について説明するための図である。

【図 9】本発明の実施例 3 について説明するための図である。

10

【図 10】本発明の実施例 4 について説明するための図である。

【図 11】従来之光分岐モジュールの構成例を示す図である。

【図 12】光分岐モジュールを収容する光クロージャおよび光キャビネットの外観および内部構造を示す図であり、図 12 ( a ) は光クロージャの外観を示し、図 12 ( b ) は光クロージャの内部構造を示し、図 12 ( c ) は光キャビネットの外観を示し、図 12 ( d ) は光キャビネットの内部構造を示している。

【符号の説明】

【 0 0 6 3 】

1 0 光クロージャ

1 1 収納トレイ

20

1 2 , 1 3 , 1 4 光ファイバケーブル

1 2 a , 1 3 a , 1 4 a 心線

1 5 接続部

1 6 固定部

1 7 取り廻し領域

2 0 光キャビネット

2 1 収納トレイ

2 2 , 2 3 光ファイバケーブル

2 3 a , 2 3 a 心線

2 4 接続部

30

2 5 固定部

2 6 取り廻し領域

3 0 光スプリッタ

3 1 , 5 1 導波路型光回路

3 2 , 3 4 ファイバブロック

3 3 , 3 5 a 単心光ファイバ

3 5 テープファイバ

3 6 ケース

4 1 , 6 1 導波回路

1 0 1 光導波路

40

1 0 2 , 1 0 6 , 1 0 7 a , 1 0 7 b 光分岐素子

1 0 3 光分岐回路

1 0 4 a , 1 0 4 b 反射板

1 0 5 光ファイバ

1 0 8 a , 1 0 8 b 反射角

1 0 9 入力用光導波路

1 1 0 出力用光導波路

2 0 1 , 2 0 2 , 2 0 3 , 2 0 4 光

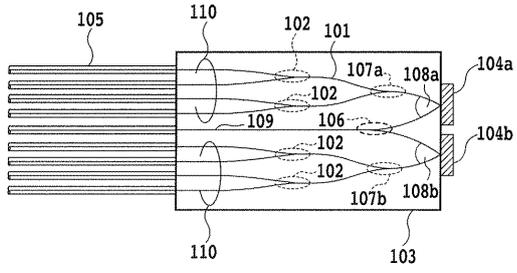
2 0 5 テーパ構造

4 0 1 , 4 0 2 光分岐モジュール

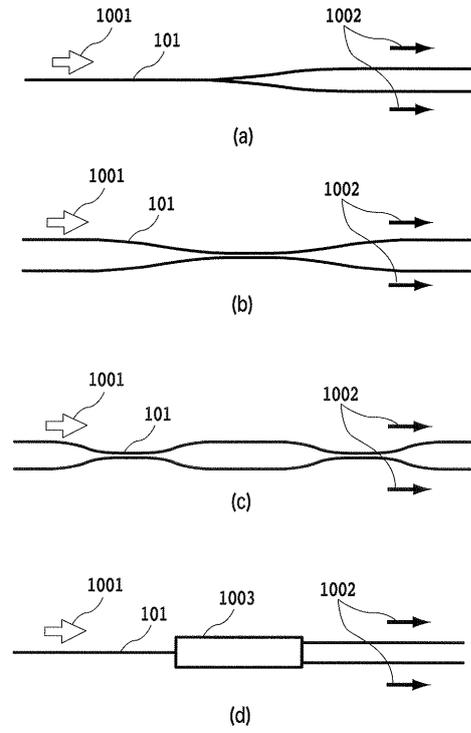
50

5 0 1	光ファイバブロック	
5 0 2	補強ガラス	
5 0 3	接着剤	
5 0 4	V溝付き基板	
5 0 5	抑え板	
5 0 6 , 5 0 7	テープファイバ	
5 0 8	ブーツ	
5 0 9	ケース	
6 0 1	溝	
6 0 2 a , 6 0 2 b , 6 0 2 c , 6 0 2 d	凸部	10
6 0 3 a , 6 0 3 b , 6 0 3 c , 6 0 3 d	凹部	
6 0 4	基板	
6 0 5	V溝	
8 0 1 , 8 0 2 , 8 0 3 , 8 0 4 , 8 0 5	光分岐素子	
9 1 0	光クロージャ	
9 1 1 , 9 2 1	収納トレイ	
9 1 2 , 9 1 3 , 9 1 4 , 9 2 2 , 9 2 3	ファイバケーブル	
9 1 2 a , 9 1 3 a , 9 1 4 a , 9 2 2 a , 9 2 3 a	光ファイバ	
9 1 5 , 9 2 4	光分岐モジュール	
9 1 6 , 9 2 5	固定部	20
9 1 7 , 9 2 6	取り廻し領域	
9 2 0	光キャビネット	
1 0 0 1	入射光	
1 0 0 2	出射光	
1 0 0 3	スラブ導波路	
1 1 0 1 , 1 1 0 2 , 1 1 0 3	光分岐素子	
1 1 0 4	交差部	

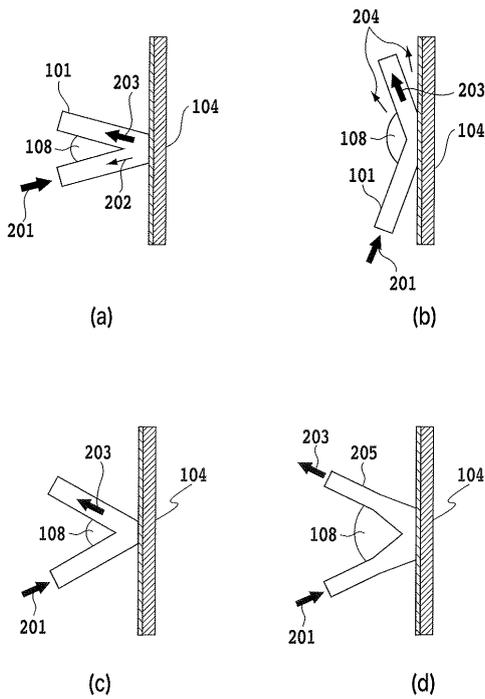
【 図 1 】



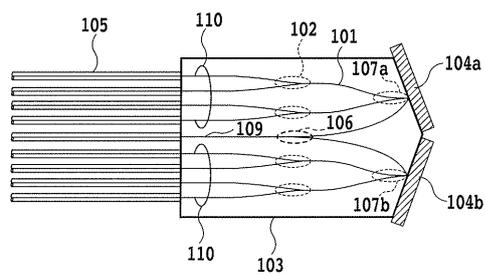
【 図 2 】



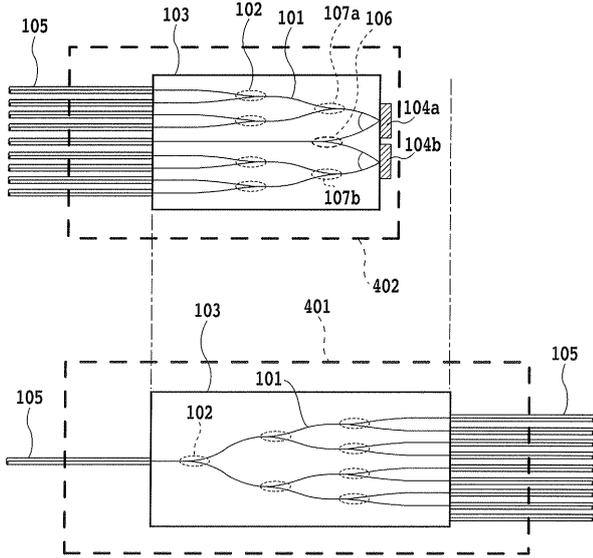
【 図 3 】



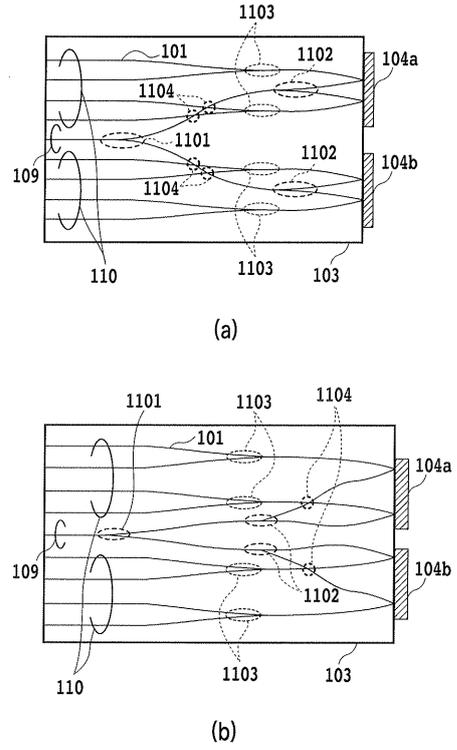
【 図 4 】



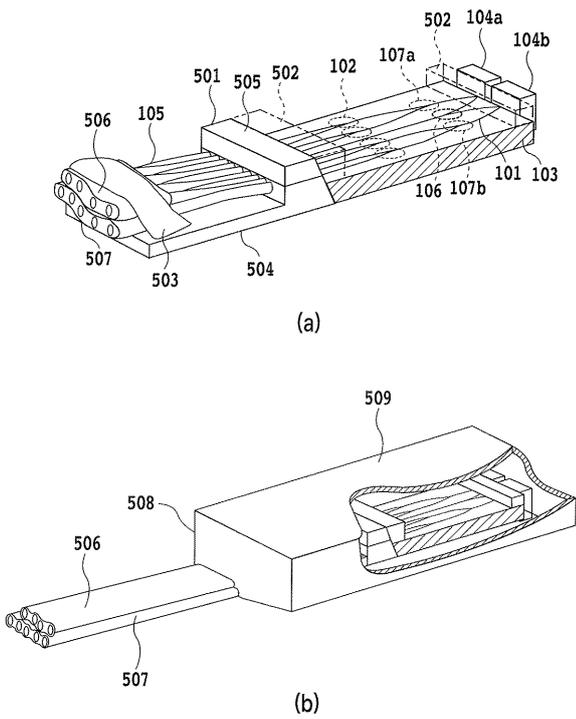
【 図 5 】



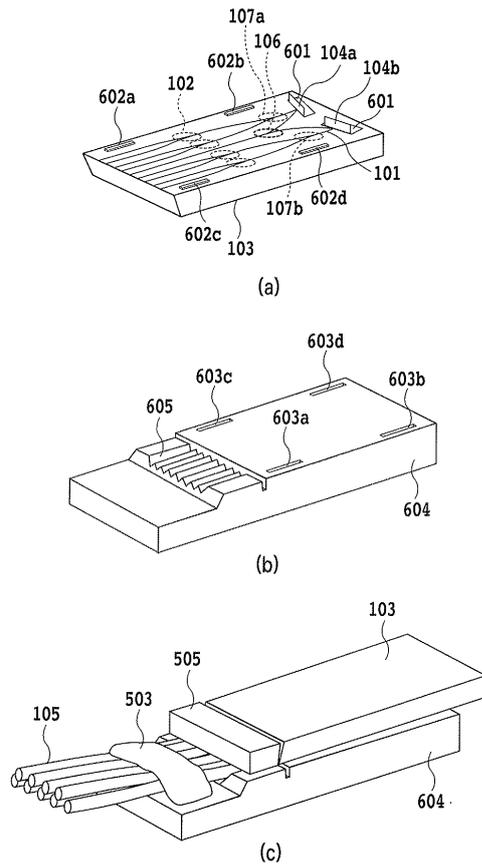
【 図 6 】



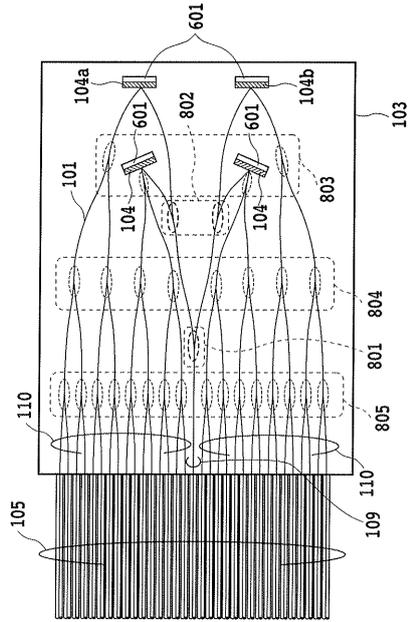
【 図 7 】



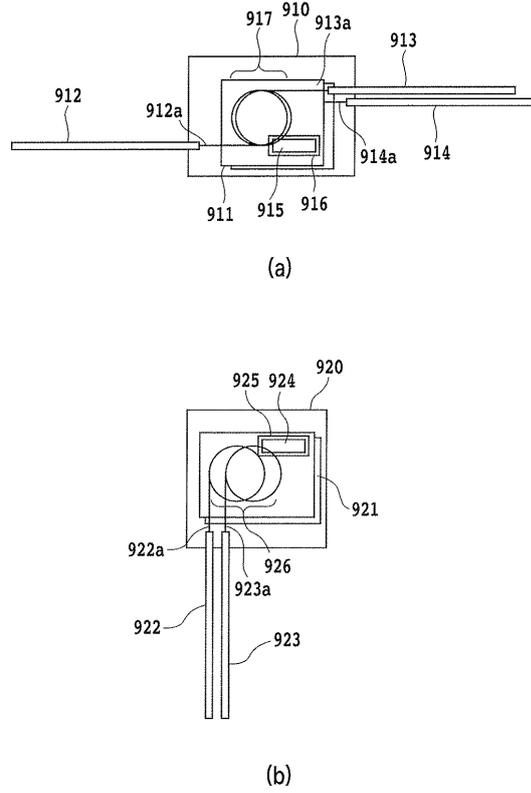
【 図 8 】



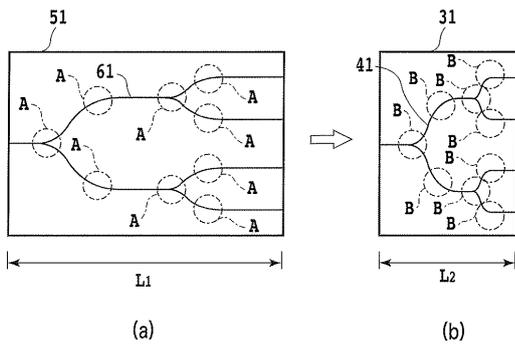
【 図 9 】



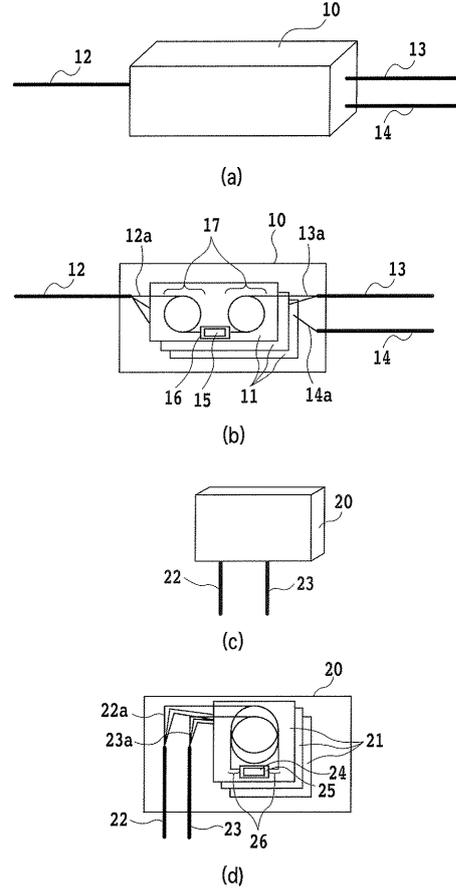
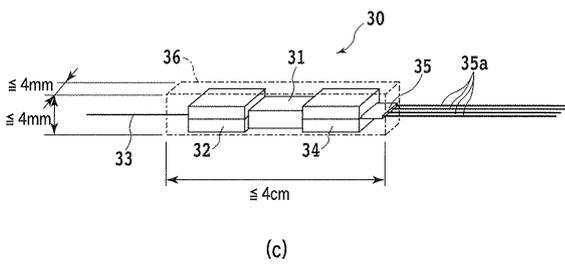
【 図 10 】



【 図 11 】



【 図 12 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 肥田 安弘

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

Fターム(参考) 2H137 AB09 BA01 BA46 BA48 BC51 EA04 EA11

2H147 AB31 BD07 BE01 BE13 BG05 CA01 CA13 CB02 CD04 FA06

FC01 GA10