

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003 年 11 月 27 日 (27.11.2003)

PCT

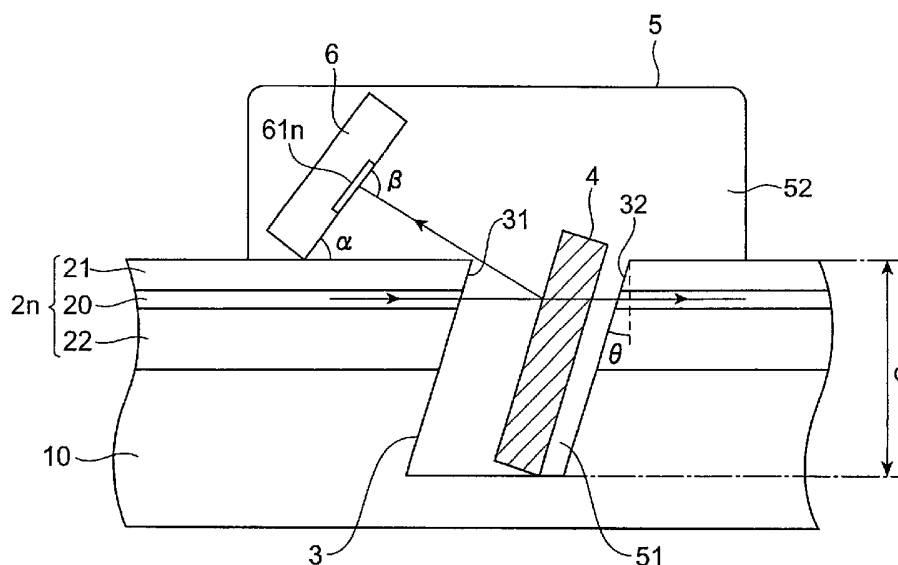
(10) 国際公開番号
WO 03/098293 A1

- (51) 国際特許分類: G02B 6/12, 6/42 (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 住友電気工業株式会社 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒541-0041 大阪府 大阪市 中央区北浜四丁目5番33号 Osaka (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP03/06021
- (22) 国際出願日: 2003 年 5 月 14 日 (14.05.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語 (72) 発明者; および
- (26) 国際公開の言語: 日本語 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 小宮 健雄 (KOMIYA, Takeo) [JP/JP]; 〒244-8588 神奈川県 横浜市 栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内 Kanagawa (JP). 佐々木 隆 (SASAKI, Takashi) [JP/JP]; 〒244-8588 神奈川県 横浜市 栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内 Kanagawa (JP).
- (30) 優先権データ:
特願2002-140520 2002 年 5 月 15 日 (15.05.2002) JP
特願2002-140526 2002 年 5 月 15 日 (15.05.2002) JP

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL WAVEGUIDE MODULE

(54) 発明の名称: 光導波路モジュール



(57) **Abstract:** A planar wavelength optical circuit (1) wherein a reflection filter (4) is disposed inside a diagonal groove (3) traversing an optical waveguide (2_n), reflected light reflected from the reflection filter (4) is sensed by an optical sensor (61_n) of an optical sensor array (6) to monitor the intensity of a signal light. A substrate (10) of the optical circuit (1) constituting a part of the groove (3) is a glass substrate made of a glass material having an index of refraction approximately equal to that of a filter fixing resin (5) fixing a core (20) of the optical waveguide (2_n) and a reflection filter (4). As a result, reflection of light at portions of the groove (3) is prevented, and occurrence and confinement of extra scattering light inside the groove (3) are reduced. Therefore, an optical waveguide module leading to improvement of the monitor characteristics of a signal light is realized.

(57) 要約: 平面導波路型光回路 1 において、光導波路 2_n を横切るように形成された斜めの溝 3 の内側に反射フィルタ 4 を設置し、反射フィルタ 4 からの反射光を光検出器アレイ 6 の光検出器 61_n で検出して、信号光の光強度をモニタする。また、

[続葉有]



(74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外(HASEGAWA, Yoshiki et al.);
〒104-0061 東京都 中央区 銀座一丁目10番6号 銀座
ファーストビル 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

(81) 指定国 (国内): CA, CN, KR, US.

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。

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

溝3の一部を構成している光回路1の基板10について、光導波路2nのコア20、及び反射フィルタ4を固定しているフィルタ固定用樹脂5と略同一の屈折率を有するガラス材料からなるガラス基板を用いる。これにより、溝3の各部位での光の反射が抑制されるので、溝3の内部における余分な散乱光の発生、及びその閉じ込め等が低減される。したがって、信号光のモニタ特性を向上することが可能な光導波路モジュールが実現される。

明細書

光導波路モジュール

技術分野

本発明は、基板上に設けられた光導波路を有する光導波路モジュールに関するものである。

背景技術

光ファイバまたは平面光導波路などの光導波路を用いた光回路においては、各光導波路を伝送される信号光の光強度を一定に保つなど、信号光の光強度を好適な値に制御することが望ましい場合がある。このような場合、信号光の光強度を光回路中でモニタし、あるいはさらに、モニタした結果に基づいて光強度を制御することが行われている。

発明の開示

上記した信号光の光強度のモニタには、従来、光導波路上に光カプラを設けて信号光の一部を分岐する方法が用いられている。この方法では、光導波路上の所定の位置に光カプラを設けて信号光を数%程度分岐し、分岐した光の光強度を光検出器でモニタすることによって、その光導波路を伝送されている信号光の光強度をモニタする。ここで、このように光カプラを用いた場合、光回路を構成する光学部品の点数が増加する上、それらを融着接続する必要があるため、光回路の構成及び製造工程が複雑化するという問題がある。

これに対して、光カプラを用いることなく、信号光の一部を反射によって取り出して光強度をモニタする方法が提案されている。そのような装置として、例えば、文献「笠原 他、” P L Cハイブリッド集積型 8 c h タップ付き光パワーモニタ”、2 0 0 2 年電子情報通信学会総合大会 C - 3 - 4 9」に記載されている装置がある。

この装置では、平面導波路型の光導波路を伝搬される信号光に対し、平面導波路型光回路に形成した溝の内側に多層膜フィルタを挿入して、信号光の一部を反

射する。そして、多層膜フィルタによって反射された信号光をフォトダイオードで検出することにより、信号光の光強度をモニタしている。また、このモニタ装置においては、迷光によるチャンネル間のクロストークを抑制するため、多層膜フィルタとフォトダイオードとの間などでの所定の部位に、光吸収材料を充填した遮光溝を形成している。

しかしながら、このように反射フィルタからの反射光を用いて伝搬される信号光をモニタする構成では、光導波路に対して反射フィルタを挿入するための溝の内部において、各部位での光の反射などによって余分な散乱光が発生するという問題がある。このような散乱光は、反射フィルタからの反射光を検出するフォトダイオードでのS/N比や、隣接するフォトダイオード間でのクロストークなどの信号光のモニタ特性を劣化させる原因となる。

本発明は、以上の問題点を解決するためになされたものであり、余分な散乱光の影響が低減されて、信号光のモニタ特性を向上することが可能な光導波路モジュールを提供することを目的とする。

このような目的を達成するために、本発明による光導波路モジュールは、(1)基板、及び基板上に設けられた光導波路を含んで構成され、光導波路の所定位置を横切るように形成された溝を有する光回路と、(2)光回路の溝の内側に光導波路を伝搬される信号光が通過する部位を含むように設置され、信号光の一部を所定の反射率によって反射する反射フィルタと、(3)少なくとも溝の内側を封止するように充填されて反射フィルタを固定するフィルタ固定用樹脂と、(4)反射フィルタによって信号光の一部が反射された反射光を検出する光検出器とを備え、(5)光回路の溝は、所定の信号光波長帯域内にある波長を有する信号光に対して、光導波路のコア及びフィルタ固定用樹脂と略同一の屈折率を有する材料によって形成されていることを特徴とする。

上記した光導波路モジュールにおいては、光導波路上に設けられた溝に挿入された反射フィルタを用いて信号光の光強度をモニタすることにより、光回路の構

成及び製造工程が簡単化されている。また、反射フィルタを挿入するために光回路に設けられる溝を構成している各部位の材料について、光導波路のコア、及び溝の内側の充填樹脂と略同一の屈折率の材料を用いることとしている。これにより、光導波路を含む光回路に形成された溝の内壁部分、フィルタ固定用樹脂、及びそれらの境界面などの各部位での光の反射が抑制されるので、溝の内部における余分な散乱光の発生が低減される。したがって、信号光のモニタ特性を向上することが可能な光導波路モジュールが得られる。

また、本発明による光導波路モジュールは、(1) 基板、及び基板上に設けられた光導波路を含んで構成され、光導波路の所定位置を横切るように形成された溝を有する光回路と、(2) 光回路の溝の内側に光導波路を伝搬される信号光が通過する部位を含むように設置され、信号光の一部を所定の反射率によって反射する反射フィルタと、(3) 少なくとも溝の内側を封止するように充填されて反射フィルタを固定するフィルタ固定用樹脂と、(4) 反射フィルタによって信号光の一部が反射された反射光を検出する光検出器とを備え、(5) フィルタ固定用樹脂は、所定の信号光波長帯域内にある波長を有する信号光に対して、光導波路のコアよりも高い屈折率を有する樹脂材料によって形成されていることを特徴とする。

上記した光導波路モジュールにおいては、光導波路上に設けられた溝に挿入された反射フィルタを用いて信号光の光強度をモニタすることにより、光回路の構成及び製造工程が簡単化されている。また、光回路に設けられて反射フィルタが挿入される溝の内部に充填されるフィルタ固定用樹脂について、光導波路のコアよりも屈折率が高い樹脂材料を用いることとしている。これにより、溝の内部において発生した散乱光が積極的に外部へと放出されるので、溝の内部での余分な散乱光の閉じ込め及び拡散が抑制される。したがって、余分な散乱光の影響が低減されて、信号光のモニタ特性を向上することが可能な光導波路モジュールが得られる。

図面の簡単な説明

図 1 は、光導波路モジュールの第 1 実施形態の構成を示す平面図である。

図 2 は、図 1 に示した光導波路モジュールの光軸に沿った断面構造を一部拡大して示す断面図である。

図 3 A 及び図 3 B は、光導波路モジュールの構成の一例を示す (A) 平面図、
5 及び (B) 断面図である。

図 4 は、図 3 A 及び図 3 B に示した光導波路モジュールにおける光強度分布を示すグラフである。

図 5 は、光導波路モジュールでの散乱光の発生について示す模式図である。

図 6 A 及び図 6 B は、図 1 に示した光導波路モジュールにおける光強度分布を示すグラフである。
10

図 7 は、光導波路モジュールの第 2 実施形態の構成を示す平面図である。

図 8 A 及び図 8 B は、図 7 に示した光導波路モジュールの光軸に垂直な断面構造を一部拡大して示す (A) I-I 矢印断面図、及び (B) II-II 矢印断面図である。

図 9 A ~ 図 9 C は、図 7 に示した光導波路モジュールの製造方法を模式的に示す工程図である。
15

図 10 A 及び図 10 B は、図 7 に示した光導波路モジュールの製造方法を模式的に示す工程図である。

図 11 は、光導波路モジュールの第 3 実施形態の構成を示す平面図である。

図 12 は、図 11 に示した光導波路モジュールの光軸に沿った断面構造を一部拡大して示す断面図である。
20

図 13 は、光導波路モジュールでの散乱光の発生について示す模式図である。

図 14 は、図 11 に示した光導波路モジュールにおける光強度分布を示すグラフである。

図 15 は、図 11 に示した光導波路モジュールの構成の変形例を示す平面図である。
25

図 1 6 は、光導波路モジュールの第 4 実施形態の構成を示す平面図である。

図 1 7 は、図 1 6 に示した光導波路モジュールの光軸に沿った断面構造を一部拡大して示す断面図である。

図 1 8 は、図 1 6 に示した光導波路モジュールにおける光強度分布を示すグラフである。

図 1 9 A 及び図 1 9 B は、光導波路として (A) 平面導波路型の光導波路、及び (B) 光ファイバを用いた場合における光回路の光軸に垂直な断面構造を示す断面図である。

図 2 0 は、光回路の光導波路として光ファイバを用いた光導波路モジュールにおける光強度分布を示すグラフである。

発明を実施するための最良の形態

以下、図面とともに本発明による光導波路モジュールの好適な実施形態について詳細に説明する。なお、図面の説明においては同一要素には同一符号を付し、重複する説明を省略する。また、図面の寸法比率は、説明のものと必ずしも一致していない。

図 1 は、本発明による光導波路モジュールの第 1 実施形態の構成を示す平面図である。この光導波路モジュールは、基板 1 0、及び基板 1 0 上に設けられた 8 本 (8 チャンネル) の光導波路 $2_1 \sim 2_8$ を有して構成される光回路 1 を備えている。本実施形態においては、光導波路 $2_1 \sim 2_8$ として、基板 1 0 上に形成された平面導波路型の光導波路が用いられている。

光導波路 $2_1 \sim 2_8$ のそれぞれは、所定の光伝送方向 (図 1 中の矢印の方向) に沿って、平面導波路型光回路 1 の入力端 1 1 から出力端 1 2 に向かって、互いに平行かつ等間隔に形成されている。また、平面導波路型光回路 1 の光伝送方向に対する所定位置に、光導波路 $2_1 \sim 2_8$ を横切る溝 3 が形成されている。

この光回路 1 の溝 3 には、その内側に、各光導波路 $2_1 \sim 2_8$ を伝搬される信号光の一部を所定の反射率によって反射する反射フィルタ 4 が設置されている。溝

3の内側は、充填樹脂5によって封止されている。また、溝3よりも光伝送方向の上流側の位置で、平面導波路型光回路1の上面側には、光検出器アレイ6が設置されている。この光検出器アレイ6は、平面導波路型光回路1に設けられた8本の光導波路 $2_1 \sim 2_8$ にそれぞれ対応する8個の光検出器 $6_{1_1} \sim 6_{1_8}$ を有している。

図2は、図1に示した光導波路モジュールの断面構造を、光導波路 2_n ($n = 1 \sim 8$)の光軸方向(平面導波路型光回路1の光伝送方向)に沿って示す断面図である。なお、この図2においては、溝3、反射フィルタ4、及び光検出器アレイ6を含む部分を拡大して示してある。

平面導波路型光回路1における光導波路 2_n は、図2に示すように、下部クラッド22、コア20、及び上部クラッド21が基板10上に形成されることによって構成されている。この光導波路 2_n に対して、光導波路 2_n を所定位置で横切る溝3は、コア20に相当し、光導波路 2_n を伝搬される信号光が通過する部位を少なくとも含む深さ d で形成されている。また、この溝3は、光導波路 2_n の光軸に直交(基板10に直交)する垂直軸に対して、所定の傾き角度 θ ($0^\circ < \theta$)で斜めに形成されている。

本実施形態においては、溝3の深さ d は下部クラッド22までの光導波路 2_n の厚さよりも大きく設定されており、溝3の下方の一部は、基板10の所定部位を除去することによって形成されている。このとき、光回路1における溝3の内壁部分は、コア20、クラッド21、22、及び基板10によって構成されている。

溝3の内側には、反射フィルタ4が挿入されている。反射フィルタ4は、溝3と略同一の傾き角度 θ で、光導波路 2_n を伝搬される信号光が通過する部位を少なくとも含むように設置されている。この反射フィルタ4は、好ましくは誘電体多層膜フィルタからなり、光導波路 2_n を伝搬される所定の信号光波長帯域内に
ある波長を有する信号光の一部を所定の反射率で反射する。

平面導波路型光回路 1 の上部クラッド 2 1 の上面側にある所定位置には、各光導波路 2_n にそれぞれ対応した光検出器 6 1_n ($n = 1 \sim 8$) を有する光検出器アレイ 6 が設置されている。この光検出器アレイ 6 は、光導波路 2_n を伝搬される信号光の一部が反射フィルタ 4 で反射された反射光が、それぞれ対応する光検出器 6 1_n の受光面へと入射されるように配置されている。

本実施形態においては、光検出器アレイ 6 は、平面導波路型光回路 1 の上面に対して、受光面が角度 α ($0^\circ < \alpha < 90^\circ$) で斜めとなるように設置されている。この角度 α は、好ましくは、反射フィルタ 4 からの反射光が光検出器 6 1_n の受光面に対して略直交する角度 β で入射されるように設定される。図 2 に示した構成例では、光検出器アレイ 6 の光検出器 6 1_n として表面入射型のフォトダイオードが用いられており、反射フィルタ 4 に対面している光検出器アレイ 6 の表面が、反射フィルタ 4 からの反射光が入射される受光面となっている。

また、光検出器 6 1_n の受光面には、光導波路 2_n を伝搬されている信号光の信号光波長帯域に対応する所定の波長帯域に対して、その波長帯域内の光の反射を防止するコート膜である反射防止コート (AR コート) が設けられている。

反射フィルタ 4 を含む溝 3 の内側は、充填樹脂 5 によって封止されている。この充填樹脂 5 は、溝 3 の内側に設置された反射フィルタ 4 を固定するフィルタ固定用樹脂となっている。フィルタ固定用樹脂 5 としては、好ましくは、信号光が伝搬される光導波路 2_n のコア 2 0 と略同一の屈折率を有する樹脂材料が用いられる。

本実施形態におけるフィルタ固定用樹脂 5 は、溝 3 の内側を封止している内部充填樹脂部 5 1 と、溝 3 の上部を含む平面導波路型光回路 1 の上面側の所定範囲を封止している上部充填樹脂部 5 2 とからなる。これらの内部充填樹脂部 5 1 及び上部充填樹脂部 5 2 は、同一の樹脂材料を用いて一体に形成されている。一般には、フィルタ固定用樹脂は、少なくとも溝の内側を封止するように充填されて形成される。

また、上部充填樹脂部 5 2 は、光検出器アレイ 6 の受光面を少なくとも含む範囲で設けられている。これにより、信号光の一部を反射する反射フィルタ 4 と、反射フィルタ 4 からの反射光を検出する光検出器 6 1_nとの間において、反射光が伝搬する反射光路がフィルタ固定用樹脂 5 によって充填されている。

5 ここで、平面導波路型光回路 1 に設けられた反射フィルタ 4 を挿入するための溝 3 は、信号光波長帯域内にある波長を有する信号光に対して、光導波路 2_nのコア 2 0、及びフィルタ固定用樹脂 5 と略同一の屈折率を有する材料によって形成されている。具体的には、その内壁部分がコア 2 0、クラッド 2 1、2 2、及び基板 1 0 から構成されている図 2 に示す溝 3 においては、溝 3 の一部を構成し
10 ている基板 1 0 として、光導波路 2_nのコア 2 0、及びフィルタ固定用樹脂 5 と略同一の屈折率を有するガラス材料からなるガラス基板が用いられる。なお、コア 2 0 と、クラッド 2 1、2 2 との屈折率差は、一般には十分に小さい。

以上の構成において、入力端 1 1 側の光導波路 2_nを伝搬されてきた所定波長の信号光が、上流側端面 3 1 を介して溝 3 内の内部充填樹脂部 5 1 へと出射され
15 ると、信号光の一部が光軸に対して斜めの反射フィルタ 4 によって、所定の反射率で平面導波路型光回路 1 の斜め上方へと反射される。また、それ以外の信号光成分は、内部充填樹脂部 5 1 及び反射フィルタ 4 を透過して、下流側端面 3 2 を介して出力端 1 2 側の光導波路 2_nへと入射される。

一方、反射フィルタ 4 によって反射された反射光は、内部充填樹脂部 5 1、及び
20 上部充填樹脂部 5 2 を介して光検出器アレイ 6 に到達し、その受光面から光検出器 6 1_nへと所定の入射角度 β で入射される。そして、光検出器 6 1_nで検出された反射光の光強度から、光導波路 2_nを伝搬されている信号光の光強度がモニタされる。

本実施形態の光導波路モジュールの効果について説明する。

25 図 1 及び図 2 に示した光導波路モジュールにおいては、光回路 1 に設けられた光導波路 2_nを伝搬される信号光を光カップラなどによって分岐するのではなく、

光導波路 2_n 上に設けられた溝 3 に設置した反射フィルタ 4 によって信号光の一部を反射させ、その反射光によって信号光の光強度をモニタすることが可能な構成としている。これにより、光回路の構成及び製造工程が簡単化される。

また、反射フィルタ 4 を挿入するために平面導波路型光回路 1 に設けられる溝 3 を構成している各部位の材料について、光導波路 2_n のコア 20、及び溝 3 の内側を充填するフィルタ固定用樹脂 5 と略同一の屈折率の材料を用いることとしている。これにより、光導波路 $2_1 \sim 2_8$ を含む光回路 1 に形成された溝 3 の内壁部分、フィルタ固定用樹脂 5、及びそれらの境界面などの各部位での光の反射が抑制されるので、溝 3 の内部における余分な散乱光の発生が低減される。したがって、信号光のモニタ特性を向上することが可能な光導波路モジュールが得られる。

このような溝 3 の具体的な構成としては、上記実施形態に示す例では、溝 3 の一部を構成している基板 10 について、光導波路 2_n のコア 20、及びフィルタ固定用樹脂 5 と略同一の屈折率の材料からなる基板を用いている。このような材料からなる基板 10 を用いて光回路 1 を構成することにより、上記した条件を満たす溝 3 を平面導波路型光回路 1 において容易に形成することができる。

また、光回路 1 の溝 3 を形成する材料については、基板 10 の材料として、光導波路 2_n のコア 20、及びフィルタ固定用樹脂 5 と略同一の屈折率を有するガラス材料を用いている。このように、加工性が良好でかつ安価なガラス材料を用いることにより、低コストで光導波路モジュールを作製することができる。あるいは、ガラス材料以外の材料を用いても良い。また、基板以外の部材が溝を構成している場合には、そのような部材の材料として、上記した基板 10 と同様に、光導波路のコア及びフィルタ固定用樹脂と略同一の屈折率を有する材料を用いることが好ましい。

また、光回路 1 に形成される溝 3 については、図 2 に示したように、光導波路 2_n の光軸に直交する垂直軸に対して所定の傾き角度 θ で斜めに形成することが

好ましい。これにより、反射フィルタ 4 からの反射光を光検出器 6 1_n で検出することによって信号光の光強度のモニタを行う構成を、好適に実現することができる。なお、この場合、信号光の一部を反射する反射フィルタ 4 として、直交する 2 つの偏波に対する反射率がほぼ等しくされる偏波補償が実現された反射フィルタを用いることが好ましい。

なお、基板上に光導波路が設けられるとともに、反射フィルタを挿入するための溝が形成される光回路としては、図 1 及び図 2 においては平面導波路型の光導波路 2_n を用いた平面導波路型光回路 1 を示したが、これ以外の構成を有する光回路を用いても良い。例えば、基板上に形成された固定用の V 溝に光導波路である光ファイバを固定して構成される光回路、あるいは平面導波路型の光導波路と光ファイバとを併用して構成される光回路などを用いることができる。

図 1 及び図 2 に示した光導波路モジュールの構成及び効果について、さらに具体的に説明する。

図 3 A 及び図 3 B は、光導波路モジュールの構成の一例を示す (A) 平面図、及び (B) 断面図である。この光導波路モジュールは、図 1 及び図 2 に示した光導波路モジュールの効果について説明するために示すものであり、図 3 A の平面図、及び図 3 B の断面図は、それぞれ図 1 の平面図、及び図 2 の断面図に対応した図となっている。

図 3 A 及び図 3 B に示す光導波路モジュールは、8 本の平面導波路型の光導波路 9 2 及び溝 9 3 が基板 9 0 上に設けられた平面導波路型光回路 9 と、溝 9 3 の内側に設置された反射フィルタ 9 4 と、フィルタ固定用樹脂 9 5 と、サブマウント基板 9 7 と、フィルタ固定用樹脂 9 5 及びサブマウント基板 9 7 上に配置された光検出器アレイ 9 6 とから構成されている。また、本構成例においては、溝 9 3 の一部を構成している光回路 9 の基板 9 0 として、S i (シリコン) 基板が用いられている。

図 4 は、図 3 A 及び図 3 B に示した光導波路モジュールにおける光強度分布を

示すグラフである。このグラフは、上記構成を有する 8 チャンネルの光導波路モジュールにおいて特定のチャンネルに信号光を入力した場合での、溝 9 3 の方向についての散乱光の広がりを示している。

このグラフにおいて、横軸は、信号光が入力されたチャンネルの光導波路からの溝方向についての移動量 (μm) を示している。また、縦軸は、光検出器を溝方向に移動させながら検出した各位置での光強度を、入力した信号光の光強度を基準とした損失 (dB) によって示している。

具体的な条件としては、光導波路 9 2 として $\Delta n = 0.4\%$ の平面導波路型の光導波路を用い、溝 9 3 の幅を $25\mu\text{m}$ 、傾きを $\theta = 10^\circ$ とした。また、反射フィルタ 9 4 としては、厚さ $20\mu\text{m}$ のポリイミド基板ベースの反射フィルタを用いた。また、反射光を検出する光検出器アレイ 9 6 としては、受光面積 $120 \times 200\mu\text{m}$ の表面入射型フォトダイオードを配列した 8 チャンネルのフォトダイオードアレイを用い、反射フィルタ 9 4 での反射点から光検出器アレイ 9 6 の受光面までの距離は $700\mu\text{m}$ とした。

図 4 に示すグラフにおいては、信号光が入力されたチャンネルの光導波路を中心とする移動量が $-100\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ の領域 R 0 では、信号光自体の光強度分布に対応して、ほぼガウシアン型の光強度分布が得られている。一方、その外側の領域 R 1、R 2 では、検出される光強度は充分には小さくならず、ある程度の光強度が広い範囲で残存している。例えば、 $250\mu\text{m}$ 離れた位置に隣接するチャンネルのフォトダイオードがあるとする、このチャンネルでのクロストークは 38 dB 程度となる。ここで、チャンネル間でのクロストークは、正規チャンネル以外のチャンネルで検出される光強度の、正規チャンネルで検出される光強度に対する比によって表している。

このような外側の領域 R 1、R 2 での余分な光強度分布の残存、及びそれによって生じる光検出器での S/N 比の劣化、あるいは隣接するチャンネル間でのクロストークの劣化などの原因として、反射フィルタを挿入するための溝の内部に

における余分な散乱光の発生が挙げられる。図 5 は、光導波路モジュールにおける散乱光の発生について示す模式図である。

すなわち、光回路の基板として S i 基板を用いている図 3 A 及び図 3 B に示した光導波路モジュールでは、溝を構成している各部位の屈折率 n は、平面導波路型光導波路または光ファイバなどの石英系の光導波路が $n = 1.46$ 、ポリイミド基板ベースの反射フィルタが $n = 1.6$ 、光回路の S i 基板が $n = 3.46$ 程度である。このような構成では、溝の各部位での屈折率の違いにより、それらの境界面において光の反射が発生する。例えば、S i 基板は通信用の信号光波長帯域として用いられる $\lambda = 1.55 \mu\text{m}$ の波長帯域では、信号光に対してほぼ透明である。しかしながら、例えばフィルタ固定用樹脂などの他の部位との屈折率の違いにより、その境界面で光の余分な反射が発生する。

また、反射フィルタを固定するために溝の内側が樹脂で充填されている上記構成では、溝の内部において発生した散乱光は、高屈折率の S i 基板との境界面などで反射されながら、図 5 中に点線によって模式的に示すように、反射フィルタの周辺に閉じ込められて溝の内部で溝方向へと拡散される。また、溝の内部での散乱光は、溝の内壁の面荒れ、反射フィルタでの光の屈折、溝の下流側端面から光導波路へと信号光が再入力される際の結合損失、光検出器の受光面での光の反射などによっても発生するが、このような散乱光も、同様に、反射フィルタの周辺に閉じ込められて溝方向へと拡散される。

これに対して、図 1 及び図 2 に示した光導波路モジュールにおいては、光導波路 2_n のコア 20、及びフィルタ固定用樹脂 5 と略同一の屈折率を有するガラス材料などの材料からなる基板 10 を用いて光回路 1 を構成し、この光回路 1 に反射フィルタ 4 を挿入するための溝 3 を形成している。

これにより、溝 3 の各部位の境界面での屈折率の違いが低減されるので、境界面での光の反射などによる余分な散乱光の発生が抑制される。また、溝 3 の内部での散乱光の閉じ込め、及び溝方向への拡散も同様に抑制される。これにより、

溝 3 の内部で発生した散乱光による、光検出器での S / N 比や、隣接するチャンネル間でのクロストークなどの信号光のモニタ特性の劣化が防止され、そのモニタ特性が向上される。

図 6 A 及び図 6 B は、図 1 及び図 2 に示した光導波路モジュールにおける光強度分布を示すグラフである。ここで、図 6 A は、図 1 に示した構成において、光回路の基板を S i 基板に置き換えた場合の光強度分布のグラフを示している。また、図 6 B は、上記したように石英ガラス基板を用いた場合の光強度分布のグラフを示している。これらのグラフは、図 1 の構成を有する 8 チャンネルの光導波路モジュールにおいて特定のチャンネルに信号光を入力した場合での、溝 3 の方向についての散乱光の広がりそれぞれ示している。

これらのグラフにおいて、横軸は、信号光が入力されたチャンネルの光導波路 2_n からの溝方向についての移動量 (μm) を示している。また、縦軸は、光検出器を溝方向に移動させながら検出した各位置での光強度を、入力した信号光の光強度を基準とした損失 (dB) によって示している。

具体的な条件としては、上記した S i 基板及び石英ガラス基板を除いて、図 6 A 及び図 6 B のいずれの場合においても、同様の構成の光導波路モジュールとしている。フィルタ固定用樹脂 5 の材料としては、屈折率 $n = 1.48$ の有機シリコーン系樹脂を用いている。また、ここでは、このフィルタ固定用樹脂 5 の外側に、屈折率 $n = 1.53$ の UV アクリル系樹脂を用いた散乱光低減用樹脂 (図 1 及び図 2 には図示していない) を設けている。光導波路 2_n 及び反射フィルタ 4 等に関しては、図 4 に関して上述した条件と同様である。

図 6 A に示すように、溝の一部を構成する基板として高屈折率の S i 基板を用いた光導波路モジュールでは、信号光が入力されたチャンネルを含む領域 S 0 では、信号光自体の光強度分布に対応して、ほぼガウシアン型の光強度分布が得られている。一方、このような構成では、反射フィルタ 4 が設置される溝 3 の内部で余分な散乱光が発生し、溝 3 の内部に閉じ込められて溝方向に外周へと拡散さ

れる。このとき、信号光が入力されたチャンネルの光検出器によって検出される散乱光の光強度は減少するが、外側の領域 S 1、S 2 では、ある程度の光強度で散乱光が広い範囲に残存する。

これに対して、図 6 B に示すように、溝の一部を構成する基板として光導波路 2_n のコア 2 0 及びフィルタ固定用樹脂 5 と略同一の屈折率を有する石英ガラス基板を用いた光導波路モジュールでは、溝 3 の内部での散乱光の発生、閉じ込め、及び溝方向への拡散が抑制される。これにより、外側の領域 S 1、S 2 に残存する散乱光の光強度が低減され、隣接するチャンネルでのクロストークが 4 0 d B 以下に抑制されている。これにより、光導波路モジュールによる信号光の光強度のモニタ特性が向上される。

図 7 は、光導波路モジュールの第 2 実施形態の構成を示す平面図である。この光導波路モジュールは、基板 1 0、及び基板 1 0 上に設けられた平面導波路型の光導波路 $2_1 \sim 2_8$ を有して構成される平面導波路型光回路 1 を備えている。

本導波路モジュールの構成は、平面導波路型光回路 1 の光導波路 $2_1 \sim 2_8$ 及び溝 3、フィルタ固定用樹脂 5、及び光検出器 $6_{1_1} \sim 6_{1_8}$ を有する光検出器アレイ 6 については、図 1 及び図 2 に示した光導波路モジュールと同様である。また、光導波路 2_n を含む位置での光導波路モジュールの光軸に沿った断面構造は、第 1 実施形態について図 2 に示したものと同様である。なお、図 7 においては、見やすさのため、内部充填樹脂部 5 1 及び上部充填樹脂部 5 2 からなるフィルタ固定用樹脂 5 について図示を省略している。

本実施形態においては、各光導波路 $2_1 \sim 2_8$ を伝搬される信号光の一部を所定の反射率によって反射する反射フィルタとして、8 本の光導波路 $2_1 \sim 2_8$ に対応して、8 個の反射フィルタ $4_{1_1} \sim 4_{1_8}$ が溝 3 の内側に設置されている。

図 8 A 及び図 8 B は、図 7 に示した光導波路モジュールの断面構造を、光導波路 2_n ($n = 1 \sim 8$) の光軸に垂直な方向に沿って示す (A) I-I 矢印断面図、及び (B) II-II 矢印断面図である。ここで、図 8 A は、図 7 にその断面の位

置を示すように、溝 3 及びフィルタ固定用樹脂 5 が設けられていない位置において光導波路 2_n の構造を示す断面図である。また、図 8 B は、溝 3 及びフィルタ固定用樹脂 5 が設けられている位置において、反射フィルタ 4_{1_n} などの溝 3 の内側の構造を示す断面図である。

5 反射フィルタ 4_{1_n} ($n = 1 \sim 8$) のそれぞれは、溝 3 と略同一の傾き角度 θ で、光導波路 2_n を伝搬される信号光が通過する部位を少なくとも含むように設置されている。この反射フィルタ 4_{1_n} は、好ましくは誘電体多層膜フィルタからなり、光導波路 2_n を伝搬される所定の信号光波長帯域内にある波長を有する信号光の一部を所定の反射率で反射する。

10 また、溝 3 の内側における 8 個の反射フィルタ $4_{1_1} \sim 4_{1_8}$ のそれぞれの間には、光遮蔽材料からなる光遮蔽層 7 が設けられている。また、両端に位置する反射フィルタ 4_{1_1} 、 4_{1_8} のそれぞれと対応する溝 3 の端部との間にも、同様に光遮蔽層 7 が設けられている。これにより、溝 3 の内側には、図 8 B に示すように、溝方向に沿って反射フィルタ 4_{1_n} と光遮蔽層 7 とが交互に設けられている。

15 光遮蔽層 7 の光遮蔽材料としては、例えば、信号光波長帯域内にある波長を有する光を吸収する光吸収材料などが用いられる。

平面導波路型光回路 1 の上部クラッド 2_1 の上面側にある所定位置には、各光導波路 2_n 及び反射フィルタ 4_{1_n} にそれぞれ対応した光検出器 6_{1_n} ($n = 1 \sim 8$) を有する光検出器アレイ 6 が設置されている。この光検出器アレイ 6 は、光導波路 2_n を伝搬される信号光の一部が反射フィルタ 4_{1_n} で反射された反射光が、それぞれ対応する光検出器 6_{1_n} の受光面へと入射されるように配置されている。

20

本実施形態の光導波路モジュールにおいては、第 1 実施形態と同様に、反射フィルタ 4 を挿入するために光回路 1 に設けられる溝 3 の一部を構成している基板 1_0 について、光導波路 2_n のコア 2_0 、及びフィルタ固定用樹脂 5 と略同一の屈折率の材料からなる基板を用いている。これにより、光導波路 $2_1 \sim 2_8$ を含む

25

光回路 1 に形成された溝 3 の内壁部分、フィルタ固定用樹脂 5、及びそれらの境界面などの各部位での光の反射が抑制されるので、溝 3 の内部における余分な散乱光の発生が低減される。したがって、信号光のモニタ特性を向上することが可能な光導波路モジュールが得られる。

5 さらに、光回路 1 に設けられている 8 本の光導波路 $2_1 \sim 2_8$ に対し、溝 3 の内側に、光導波路 $2_1 \sim 2_8$ のそれぞれに対応する 8 個の反射フィルタ $4_{11} \sim 4_{18}$ と、光遮蔽層 7 とを交互に設けている。このとき、溝 3 の内部において余分な散乱光がある程度発生した場合であっても、それらの散乱光の溝方向への拡散が光遮蔽層 7 によって防止される。これにより、隣接するチャンネル間でのクロストークの発生が抑制されるので、信号光のモニタ特性をさらに向上することができる。このような構成は、一般に、N 本（N は複数）の光導波路を有する光導波路モジュールにおいて適用することができる。

10 図 9 A ～ 図 9 C、図 10 A、及び図 10 B は、図 7、図 8 A 及び図 8 B に示した光導波路モジュールの製造方法の一例を模式的に示す工程図である。ここで、図 9 A ～ 図 9 C においては、光軸に沿った断面図（図 2 参照）によって各工程を示している。また、図 10 A、図 10 B においては、平面図（図 1 参照）によって各工程を示している。

15 まず、石英ガラスなどの材料からなる基板 10 上に光導波路 2_n を構成するコア 20、クラッド 21、22 が形成された平面導波路型光回路 1 において、光伝送方向に対する所定位置に、光導波路 $2_1 \sim 2_8$ を横切る溝 3 を R I E エッチングによって形成する（図 9 A）。次に、溝 3 を含む光回路 1 の上面側に、G e（ゲルマニウム）が高濃度に添加された G e 添加ガラス層 70 を F H D 法によって形成する（図 9 B）。

20 ここで、G e は光吸収効果を有する添加物であり、上記した G e 添加ガラス層 70 は、光遮蔽層として用いることが可能なガラス層となっている。G e 添加ガラス層 70 への G e の添加率は、例えば 9 w t %（重量%）程度に設定される。

続いて、溝 3 の内側に形成された部分を除いて G e 添加ガラス層 7 0 をエッチバックして、光回路 1 の上面を出す（図 9 C）。

次に、エッチバック後に溝 3 の内側に残された G e 添加ガラス層 7 0 のうち、光導波路 $2_1 \sim 2_8$ 上にある部分を R I E エッチングによって除去して、光遮蔽層 7 を形成する（図 1 0 A）。そして、G e 添加ガラス層が除去された溝 3 の内側に、光導波路 $2_1 \sim 2_8$ に対応する反射フィルタ $4_1 \sim 4_8$ をそれぞれ挿入する（図 1 0 B）。さらに、フィルタ固定用樹脂 5 の形成、及び光検出器アレイ 6 の設置等を行うことにより、図 7、図 8 A 及び図 8 B に示した構成の光導波路モジュールを作製することができる。

本発明による光導波路モジュールは、上記した実施形態に限られるものではなく、様々な変形が可能である。例えば、反射フィルタからの反射光を検出するための光検出器の構成及び設置方法については、図 1 及び図 2 に示した構成例以外にも、様々な構成を用いることができる。例えば、図 3 A 及び図 3 B に示すように、サブマウント基板上に光検出器アレイを設置する構成を用いても良い。

本発明による光導波路モジュールの好適な実施形態についてさらに説明する。

図 1 1 は、本発明による光導波路モジュールの第 3 実施形態の構成を示す平面図である。この光導波路モジュールは、基板 1 1 0、及び基板 1 1 0 上に設けられた 8 本（8 チャンネル）の光導波路 $102_1 \sim 102_8$ を有して構成される光回路 1 0 1 を備えている。本実施形態においては、光導波路 $102_1 \sim 102_8$ として、基板 1 1 0 上に形成された平面導波路型の光導波路が用いられている。また、基板 1 1 0 としては、例えば S i（シリコン）基板などが用いられる。

光導波路 $102_1 \sim 102_8$ のそれぞれは、所定の光伝送方向（図 1 1 中の矢印の方向）に沿って、平面導波路型光回路 1 0 1 の入力端 1 1 1 から出力端 1 1 2 に向かって、互いに平行かつ等間隔に形成されている。また、平面導波路型光回路 1 0 1 の光伝送方向に対する所定位置に、光導波路 $102_1 \sim 102_8$ を横切る溝 1 0 3 が形成されている。

この光回路101の溝103には、その内側に、各光導波路102₁～102₈を伝搬される信号光の一部を所定の反射率によって反射する反射フィルタ104が設置されている。溝103の内側は、充填樹脂105によって封止されている。また、溝103よりも光伝送方向の上流側の位置で、平面導波路型光回路101の上面側には、光検出器アレイ106が設置されている。この光検出器アレイ106は、平面導波路型光回路101に設けられた8本の光導波路102₁～102₈にそれぞれ対応する8個の光検出器161₁～161₈を有している。

図12は、図11に示した光導波路モジュールの断面構造を、光導波路102_n（ $n=1\sim 8$ ）の光軸方向（平面導波路型光回路101の光伝送方向）に沿って示す断面図である。なお、この図12においては、溝103、反射フィルタ104、及び光検出器アレイ106を含む部分を拡大して示してある。

平面導波路型光回路101における光導波路102_nは、図12に示すように、下部クラッド122、コア120、及び上部クラッド121が基板110上に形成されることによって構成されている。この光導波路102_nに対して、光導波路102_nを所定位置で横切る溝103は、コア120に相当し、光導波路102_nを伝搬される信号光が通過する部位を少なくとも含む深さdで形成されている。また、この溝103は、光導波路102_nの光軸に直交（基板110に直交）する垂直軸に対して、所定の傾き角度 θ （ $0^\circ < \theta$ ）で斜めに形成されている。

本実施形態においては、溝103の深さdは下部クラッド122までの光導波路102_nの厚さよりも大きく設定されており、溝103の下方の一部は、Si基板などからなる基板110の所定部位を除去することによって形成されている。このとき、光回路101における溝103の内壁部分は、コア120、クラッド121、122、及び基板110によって構成されている。

溝103の内側には、反射フィルタ104が挿入されている。反射フィルタ104は、溝103と略同一の傾き角度 θ で、光導波路102_nを伝搬される信号

光が通過する部位を少なくとも含むように設置されている。この反射フィルタ 104 は、好ましくは誘電体多層膜フィルタからなり、光導波路 102_n を伝搬される所定の信号光波長帯域内にある波長を有する信号光の一部を所定の反射率で反射する。

5 平面導波路型光回路 101 の上部クラッド 121 の上面側にある所定位置には、各光導波路 102_n にそれぞれ対応した光検出器 161_n (n = 1 ~ 8) を有する光検出器アレイ 106 が設置されている。この光検出器アレイ 106 は、光導波路 102_n を伝搬される信号光の一部が反射フィルタ 104 で反射された反射光が、それぞれ対応する光検出器 161_n の受光面へと入射されるように配置さ
10 れている。

本実施形態においては、光検出器アレイ 106 は、平面導波路型光回路 101 の上面に対して、受光面が角度 α ($0^\circ < \alpha < 90^\circ$) で斜めとなるように設置されている。この角度 α は、好ましくは、反射フィルタ 104 からの反射光が光検出器 161_n の受光面に対して略直交する角度 β で入射されるように設定される。図 12 に示した構成例では、光検出器アレイ 106 の光検出器 161_n として
15 表面入射型のフォトダイオードが用いられており、反射フィルタ 104 に対面している光検出器アレイ 106 の表面が、反射フィルタ 104 からの反射光が入射される受光面となっている。

また、光検出器 161_n の受光面には、光導波路 102_n を伝搬されている信号光の信号光波長帯域に対応する所定の波長帯域に対して、その波長帯域内の光の反射を防止する AR コートが設けられている。
20

反射フィルタ 104 を含む溝 103 の内側は、充填樹脂 105 によって封止されている。この充填樹脂 105 は、溝 103 の内側に設置された反射フィルタ 104 を固定するフィルタ固定用樹脂となっている。また、フィルタ固定用樹脂 105 は、信号光波長帯域内にある波長を有する信号光に対して、光導波路 102
25 _n のコア 120 よりも高い屈折率を有する樹脂材料によって形成されている。

本実施形態におけるフィルタ固定用樹脂 105 は、溝 103 の内側を封止している内部充填樹脂部 151 と、溝 103 の上部を含む平面導波路型光回路 101 の上面側の所定範囲を封止している上部充填樹脂部 152 とからなる。これらの内部充填樹脂部 151 及び上部充填樹脂部 152 は、同一の樹脂材料を用いて一
5 体形成されている。一般には、フィルタ固定用樹脂は、少なくとも溝の内側を封止するように充填されて形成される。

また、上部充填樹脂部 152 は、光検出器アレイ 106 の受光面を少なくとも含む範囲で設けられている。これにより、信号光の一部を反射する反射フィルタ 104 と、反射フィルタ 104 からの反射光を検出する光検出器 161_n との間
10 において、反射光が伝搬する反射光路がフィルタ固定用樹脂 105 によって充填されている。

以上の構成において、入力端 111 側の光導波路 102_n を伝搬されてきた所定波長の信号光が、上流側端面 131 を介して溝 103 内の内部充填樹脂部 151 へと出射されると、信号光の一部が光軸に対して斜めの反射フィルタ 104 に
15 よって、所定の反射率で平面導波路型光回路 101 の斜め上方へと反射される。また、それ以外の信号光成分は、内部充填樹脂部 151 及び反射フィルタ 104 を透過して、下流側端面 132 を介して出力端 112 側の光導波路 102_n へと入射される。

一方、反射フィルタ 104 によって反射された反射光は、内部充填樹脂部 151、及び上部充填樹脂部 152 を介して光検出器アレイ 106 に到達し、その受光面から光検出器 161_n へと所定の入射角度 β で入射される。そして、光検出器 161_n で検出された反射光の光強度から、光導波路 102_n を伝搬されている
20 信号光の光強度がモニタされる。

本実施形態の光導波路モジュールの効果について説明する。

図 11 及び図 12 に示した光導波路モジュールにおいては、光回路 101 に設けられた光導波路 102_n を伝搬される信号光を光カップラなどによって分岐する
25

のではなく、光導波路 102_n上に設けられた溝 103に設置した反射フィルタ 104によって信号光の一部を反射させ、その反射光によって信号光の光強度をモニタすることが可能な構成としている。これにより、光回路の構成及び製造工程が簡単化される。

5 また、平面導波路型光回路 101に設けられて反射フィルタ 104が挿入される溝 103において、溝 103の内部に充填されるフィルタ固定用樹脂 105について、光導波路 102_nのコア 120よりも屈折率が高い樹脂材料を用いることとしている。これにより、溝 103の内部において発生した散乱光が積極的に外部へと放出されるので、後述するように、溝 103の内部での余分な散乱光の閉じ込め及び拡散が抑制される。したがって、余分な散乱光の影響が低減されて、信号光のモニタ特性を向上することが可能な光導波路モジュールが得られる。

10 ここで、フィルタ固定用樹脂 105の樹脂材料については、信号光波長帯域内にある波長と略同一（または同程度）の寸法の粒子が内在しない樹脂材料を用いることが好ましい。フィルタ固定用樹脂 105として、通信用の信号光の波長と同程度の寸法を有するフィラー粒子が内部に含まれた樹脂材料を用いた場合、フィ
15 ルタ固定用樹脂 105の内部においてフィラー粒子によって光の散乱が発生し、溝 103の内部において余分な散乱光が増大する原因となる。これに対して、そのような寸法のフィラー粒子が内在しない樹脂材料を用いることにより、フィルタ固定用樹脂 105の内部における光の散乱の発生を抑制することができる。

20 また、光回路 101に形成される溝 103については、図 12に示したように、光導波路 102_nの光軸に直交する垂直軸に対して所定の傾き角度 θ で斜めに形成することが好ましい。これにより、反射フィルタ 104からの反射光を光検出器 161_nで検出することによって信号光の光強度のモニタを行う構成を、好適に実現することができる。なお、この場合、信号光の一部を反射する反射フ
25 ィルタ 104として、直交する 2つの偏波に対する反射率がほぼ等しくされる偏波補償が実現された反射フィルタを用いることが好ましい。

なお、基板上に光導波路が設けられるとともに、反射フィルタを挿入するための溝が形成される光回路としては、図 1 1 及び図 1 2 においては平面導波路型の光導波路 1 0 2_nを用いた平面導波路型光回路 1 を示したが、これ以外の構成を有する光回路を用いても良い。例えば、基板上に形成された固定用の V 溝に光導波路である光ファイバを固定して構成される光回路、あるいは平面導波路型の光導波路と光ファイバとを併用して構成される光回路などを用いることができる。

図 1 1 及び図 1 2 に示した光導波路モジュールの構成及び効果について、さらに具体的に説明する。

図 3 A 及び図 3 B は、上述したように、光導波路モジュールの構成の一例を示す (A) 平面図、及び (B) 断面図である。また、図 4 は、図 3 A 及び図 3 B に示した光導波路モジュールにおける光強度分布を示すグラフである。

図 4 に示すグラフにおいては、上述したように、領域 R 0 では、信号光自体の光強度分布に対応して、ほぼガウシアン型の光強度分布が得られている。一方、その外側の領域 R 1、R 2 では、検出される光強度は充分には小さくならず、ある程度の光強度が広い範囲で残存している。例えば、250 μ m 離れた位置に隣接するチャンネルのフォトダイオードがあるとする、このチャンネルでのクロストークは 38 dB 程度となる。

このような外側の領域 R 1、R 2 での余分な光強度分布の残存、及びそれによって生じる光検出器での S/N 比の劣化、あるいは隣接するチャンネル間でのクロストークの劣化などの原因として、反射フィルタを挿入するための溝の内部における余分な散乱光の発生、及びその閉じ込め、拡散が挙げられる。図 1 3 は、光導波路モジュールにおける散乱光の発生について示す模式図である。

すなわち、図 3 A 及び図 3 B に示した光導波路モジュールでは、溝を構成している各部位の屈折率 n は、石英系の光導波路が $n = 1.46$ 、ポリイミド基板ベースの反射フィルタが $n = 1.6$ 、光回路の Si 基板が $n = 3.46$ 程度である。このような構成では、溝の各部位での屈折率の違いにより、それらの境界面に

において光の反射が発生する。例えば、Si基板は通信用の信号光波長帯域として用いられる $\lambda = 1.55 \mu\text{m}$ の波長帯域では、信号光に対してほぼ透明である。しかしながら、例えばフィルタ固定用樹脂などの他の部位との屈折率の違いにより、その境界面で光の余分な反射が発生する。

5 また、反射フィルタを固定するために溝の内側が樹脂で充填されている上記構成では、溝の内部において発生した散乱光は、溝の内壁部分との境界面などで反射されながら、図13中に点線によって模式的に示すように、反射フィルタの周辺に閉じ込められて溝の内部で溝方向へと拡散される。また、溝の内部での散乱光は、溝の内壁の面荒れ、反射フィルタでの光の屈折、溝の下流側端面から光導波路へと信号光が再入力される際の結合損失、光検出器の受光面での光の反射などによっても発生するが、このような散乱光も、同様に、反射フィルタの周辺に閉じ込められて溝方向へと拡散される。

10 これに対して、図11及び図12に示した光導波路モジュールにおいては、反射フィルタ104が挿入された光回路101の溝103に充填されるフィルタ固定用樹脂105について、光導波路102_nのコア120よりも高い屈折率を有する樹脂材料を用いてファイバ固定用樹脂105を形成している。

15 これにより、溝103の内部において余分な散乱光が発生した場合であっても、溝103に充填されたフィルタ固定用樹脂105から外部へと散乱光を放出して、散乱光を積極的に逃がすことが可能となる。このとき、上述した溝103の内部での散乱光の閉じ込め、及び溝方向への散乱光の拡散が抑制される。したがって、溝103の内部で発生した散乱光による、光検出器でのS/N比や、隣接するチャンネル間でのクロストークなどの信号光のモニタ特性の劣化が防止され、そのモニタ特性が向上される。

20 図14は、図11及び図12に示した光導波路モジュールにおける光強度分布を示すグラフである。このグラフは、図11の構成を有する8チャンネルの光導波路モジュールにおいて特定のチャンネルに信号光を入力した場合での、溝10

3 の方向についての散乱光の広がりを示している。

このグラフにおいて、横軸は、信号光が入力されたチャンネルの光導波路 1 0 2_n からの溝方向についての移動量 (μm) を示している。また、縦軸は、光検出器を溝方向に移動させながら検出した各位置での光強度を、入力した信号光の光強度を基準とした損失 (dB) によって示している。

具体的な条件としては、フィルタ固定用樹脂 1 0 5 の材料として、光導波路 1 0 2_n のコア 1 2 0 の屈折率 $n = 1.46$ よりも高い屈折率 $n = 1.48$ を有する有機シリコン系樹脂を用いている。また、光回路 1 0 1 の基板 1 1 0 としては、Si 基板を用いている。光導波路 1 0 2_n 及び反射フィルタ 1 0 4 等に関しては、図 4 に関して上述した条件と同様である。

図 1 4 に示すように、フィルタ固定用樹脂 1 0 5 として、光導波路 1 0 2_n のコア 1 2 0 よりも屈折率が高い樹脂材料を用いた光導波路モジュールでは、溝 1 0 3 の内部において発生した散乱光の閉じ込め、及び溝方向への拡散が抑制される。これにより、信号光が入力されたチャンネルからみて外側の領域に残存する散乱光の光強度が低減されて、光導波路モジュールによる信号光の光強度のモニタ特性が向上される。図 1 4 に示した例では、隣接するチャンネルでのクロストークが約 5 dB 程度改善されている。

ここで、フィルタ固定用樹脂 1 0 5 を形成する範囲については、溝 1 0 3 の内部において発生した散乱光を拡散して外部へと放出させる機能から考えて、フィルタ固定用樹脂 1 0 5 となる樹脂を塗布する範囲を広くすることが好ましい。例えば、図 1 5 に図 1 1 に示した光導波路モジュールの構成の変形例を示すように、光回路 1 0 1 などを覆って光導波路モジュールのパッケージ全体を充填するようにフィルタ固定用樹脂 1 0 5 を設けても良い。ただし、フィルタ固定用樹脂 1 0 5 を光検出器アレイ 1 0 6 に対して直接に塗布する場合には、例えばシリコン系樹脂など、ヤング率の低い樹脂材料を用いることが好ましい。

なお、図 1 5 においては、光回路 1 0 1 の入力端 1 1 1 に接続される信号光入

力用のテープファイバ181、及び出力端112に接続される信号光出力用のテープファイバ182を合わせて図示している。

図16は、光導波路モジュールの第4実施形態の構成を示す平面図である。この光導波路モジュールは、基板110、及び基板110上に設けられた平面導波路型の光導波路102₁～102₈を有して構成される平面導波路型光回路101を備えている。

本光導波路モジュールの構成は、平面導波路型光回路101に設けられた光導波路102₁～102₈及び溝103、反射フィルタ104、及び光検出器161₁～161₈を有する光検出器アレイ106については、図11及び図12に示した光導波路モジュールと同様である。また、本実施形態においては、フィルタ固定用樹脂105の外側に、さらに、1層の樹脂層である散乱光低減用樹脂107が設けられている。

図17は、図16に示した光導波路モジュールの断面構造を、光導波路102_nの光軸方向に沿って示す断面図である。なお、この図17においては、溝103、反射フィルタ104、及び光検出器アレイ106を含む部分を拡大して示してある。

平面導波路型光回路101における光導波路102_nに対して、光導波路102_nを所定位置で横切る溝103は、下部クラッド122までの光導波路102_nの厚さよりも大きい深さまで、所定の傾き角度 θ で斜めに形成されている。このとき、光回路101における溝103の内壁部分は、コア120、クラッド121、122、及び基板110によって構成されている。

溝103の内側には、反射フィルタ104が挿入されている。反射フィルタ104は、溝103と略同一の傾き角度 θ で、光導波路102_nを伝搬される信号光が通過する部位を少なくとも含むように設置されている。この反射フィルタ104は、好ましくは誘電体多層膜フィルタからなり、光導波路102_nを伝搬される所定の信号光波長帯域内にある波長を有する信号光の一部を所定の反射率で

反射する。

平面導波路型光回路 101 の上部クラッド 121 の上面側にある所定位置には、各光導波路 102_n にそれぞれ対応した光検出器 161_n を有する光検出器アレイ 106 が設置されている。この光検出器アレイ 106 は、光導波路 102_n を伝搬される信号光の一部が反射フィルタ 104 で反射された反射光が、それぞれ
5 対応する光検出器 161_n の受光面へと入射されるように配置されている。

また、光検出器 161_n の受光面には、光導波路 102_n を伝搬されている信号光の信号光波長帯域に対応する所定の波長帯域に対して、その波長帯域内の光の反射を防止する AR コートが設けられている。

10 反射フィルタ 104 を含む溝 103 の内側は、充填樹脂 105 によって封止されている。この充填樹脂 105 は、溝 103 の内側に設置された反射フィルタ 104 を固定するフィルタ固定用樹脂となっている。また、フィルタ固定用樹脂 105 は、信号光波長帯域内にある波長を有する信号光に対して、光導波路 102_n のコア 120 よりも高い屈折率を有する樹脂材料によって形成されている。

15 本実施形態におけるフィルタ固定用樹脂 105 は、溝 103 の内側を封止している内部充填樹脂部 151 と、溝 103 の上部を含む平面導波路型光回路 101 の上面側の所定範囲を封止している上部充填樹脂部 152 とからなる。これらの内部充填樹脂部 151 及び上部充填樹脂部 152 は、同一の樹脂材料を用いて一体に形成されている。ここで、上部充填樹脂部 152 は、光検出器アレイ 106
20 の受光面を少なくとも含む範囲で設けられている。

また、フィルタ固定用樹脂 105 の外側には、1 層の散乱光低減用樹脂 107 が設けられている。この散乱光低減用樹脂 107 は、平面導波路型光回路 101 の上面側の所定範囲に、フィルタ固定用樹脂 105 の上部充填樹脂部 152 及び光検出器アレイ 106 を覆うように形成されている。また、散乱光低減用樹脂 1
25 07 は、信号光波長帯域内にある波長を有する信号光に対して、フィルタ固定用樹脂 105 よりも高い屈折率を有する樹脂材料によって形成されている。

本実施形態の光導波路モジュールにおいては、第3実施形態と同様に、反射フィルタ104を挿入するために光回路101に設けられる溝103の内側に充填されるフィルタ固定用樹脂105について、光導波路102_nのコア120よりも高い屈折率を有する樹脂材料を用いている。これにより、溝103の内部において発生した散乱光が積極的に外部へと放出されるので、溝103の内部での余分な散乱光の閉じ込め及び拡散が抑制される。したがって、余分な散乱光の影響が低減されて、信号光のモニタ特性を向上することが可能な光導波路モジュールが得られる。

さらに、このフィルタ固定用樹脂105に加えて、その外周部に、フィルタ固定用樹脂105よりも高い屈折率を有する樹脂材料を用いた樹脂層として、散乱光低減用樹脂107を設けている。これにより、溝103の内部において発生した散乱光がより効果的に外部へと放出されるので、信号光のモニタ特性をさらに向上することができる。

図18は、図16及び図17に示した光導波路モジュールにおける光強度分布を示すグラフである。このグラフは、図16の構成を有する8チャンネルの光導波路モジュールにおいて特定のチャンネルに信号光を入力した場合での、溝103の方向についての散乱光の広がりを示している。

このグラフにおいて、横軸は、信号光が入力されたチャンネルの光導波路102_nからの溝方向についての移動量(μm)を示している。また、縦軸は、光検出器を溝方向に移動させながら検出した各位置での光強度を、入力した信号光の光強度を基準として損失(dB)によって示している。

具体的な条件としては、フィルタ固定用樹脂105の材料として、光導波路102_nのコア120の屈折率 $n=1.46$ よりも高い屈折率 $n=1.48$ を有する有機シリコン系樹脂を用いている。また、散乱光低減用樹脂107の材料として、このフィルタ固定用樹脂105の屈折率よりも高い屈折率 $n=1.53$ を有するUVアクリル系樹脂を用いている。また、光回路101の基板110とし

ては、S i 基板を用いている。光導波路 1 0 2_n 及び反射フィルタ 1 0 4 等に関しては、図 4 に関して上述した条件と同様である。

図 1 8 に示すように、フィルタ固定用樹脂 1 0 5 として、光導波路 1 0 2_n の
コア 1 2 0 よりも屈折率が高い樹脂材料を用いるとともに、散乱光低減用樹脂 1
0 7 として、フィルタ固定用樹脂 1 0 5 よりもさらに屈折率が高い樹脂材料を用
いた光導波路モジュールでは、図 1 4 に示した場合と同様に、溝 1 0 3 の内部に
おいて発生した散乱光の閉じ込め、及び溝方向への拡散が抑制されて、信号光の
光強度のモニタ特性が向上される。

すなわち、フィルタ固定用樹脂 1 0 5 のみを設けた構成では、フィルタ固定用
樹脂 1 0 5 の外周は、フィルタ固定用樹脂 1 0 5 よりも低い屈折率 1 の空気とな
る。これに対して、フィルタ固定用樹脂 1 0 5 の外周部に上記した散乱光低減用
樹脂 1 0 7 を設けることにより、フィルタ固定用樹脂 1 0 5 の内部における散乱
光を、散乱光低減用樹脂 1 0 7 及びその外部へと効果的に放出することが可能と
なる。図 1 8 に示した例では、隣接するチャンネルでのクロストークが約 5 d B
程度改善されている。

ここで、散乱光低減用樹脂 1 0 7 に用いられる樹脂材料については、屈折率に
対する上記した条件を満たすものであれば、様々なものを用いて良い。例えば、
信号光波長帯域内にある波長の光に対して透明な樹脂材料、あるいは光吸収性を
有する樹脂材料のいずれも用いることができる。

また、散乱光低減用樹脂 1 0 7 を形成する範囲については、溝 1 0 3 の内部に
おいて発生した散乱光を拡散して外部へと放出させる機能から考えて、フィルタ
固定用樹脂 1 0 5 と同様に、広い範囲で散乱光低減用樹脂 1 0 7 を形成すること
が好ましい (図 1 5 参照)。また、散乱光低減用樹脂の層数については、図 1 6 及
び図 1 7 に示した構成例ではフィルタ固定用樹脂 1 0 5 の外周部に 1 層の散乱光
低減用樹脂 1 0 7 を設けているが、複数層の樹脂層を設けても良い。この場合、
フィルタ固定用樹脂 1 0 5 側から外側に向けて、順次屈折率が高くなる構成とす

ることが好ましい。

図 1 1、図 1 2 に示した第 3 実施形態、及び図 1 6、図 1 7 に示した第 4 実施形態においては、反射フィルタを挿入するための溝が形成される光回路として、平面導波路型の光導波路 1 0 2_n が基板 1 1 0 上に形成された平面導波路型光回路 1 0 1 を用いている。この光回路としては、平面導波路型光回路に限らず、その一部または全部の光回路部分が光ファイバを用いて構成された光回路を用いることも可能である。

図 1 9 A 及び図 1 9 B は、それぞれ光導波路モジュールの断面構造を、光導波路の光軸に垂直な方向に沿って示す断面図である。図 1 9 A は、光導波路として平面導波路型の光導波路を用いた場合における光回路の断面構造を示している。これは、図 1 1 及び図 1 2 に示した光導波路モジュールの光軸に垂直な断面構造に相当している。また、図 1 9 B は、光導波路として平面導波路型の光導波路にかえて光ファイバを用いた場合における光回路の断面構造を示している。

図 1 9 A に示す光回路は、図 1 2 に関して上述したように、下部クラッド 1 2 2、コア 1 2 0、及び上部クラッド 1 2 1 が基板 1 1 0 上に形成されることによって構成される。一方、図 1 9 B に示す光回路では、基板 1 1 0 の上面側に、光ファイバ配列部材として機能する V 溝 1 1 5 が、互いに平行かつ等間隔に形成される。そして、この複数の V 溝 1 1 5 のそれぞれに、コア及びクラッドからなる光ファイバ 1 2 5 が固定されることによって、基板 1 1 0 上に光導波路である光ファイバ 1 2 5 が設けられた光回路が構成される。

ここで、光ファイバ 1 2 5 を用いた光回路においては、基板 1 1 0 の上面側の V 溝 1 1 5 に配置された光ファイバ 1 2 5 を固定するため、基板 1 1 0 の上面及び光ファイバ 1 2 5 を覆うファイバ固定用樹脂 1 0 8 が設けられる。このような構成において、図 1 9 B に示すように、ファイバ固定用樹脂 1 0 8 の上面に接するようにフィルタ固定用樹脂 1 0 5 を形成した場合、フィルタ固定用樹脂 1 0 5 とファイバ固定用樹脂 1 0 8 との屈折率の不整合により、その境界面において余

分な光の反射が発生する。

このため、光回路の光導波路として、基板 1 1 0 上に固定された光ファイバ 1 2 5 を用いる構成においては、光ファイバ 1 2 5 を固定するファイバ固定用樹脂 1 0 8 を、フィルタ固定用樹脂 1 0 5 と略同一の屈折率を有する樹脂材料によって形成することが好ましい。これにより、フィルタ固定用樹脂 1 0 5 及びファイバ固定用樹脂 1 0 8 の境界面において発生する光の反射が抑制されるので、溝及び充填樹脂の内部での余分な散乱光の発生、閉じ込め、及び拡散が抑制される。したがって、余分な散乱光の影響が低減されて、信号光のモニタ特性を向上することが可能となる。

図 2 0 は、光回路の光導波路として光ファイバを用いた光導波路モジュールにおける光強度分布を示すグラフである。このグラフは、図 1 9 B に示した構成の光回路を用いた 8 チャンネルの光導波路モジュールにおいて特定のチャンネルに信号光を入力した場合での、溝 1 0 3 の方向についての散乱光の広がりを示している。

このグラフにおいて、横軸は、信号光が入力されたチャンネルの光ファイバ 1 2 5 からの溝方向についての移動量 (μm) を示している。また、縦軸は、光検出器を溝方向に移動させながら検出した各位置での光強度を、入力した信号光の光強度を基準として損失 (dB) によって示している。

具体的な条件としては、フィルタ固定用樹脂 1 0 5 の材料として、光ファイバ 1 2 5 のコアの屈折率 $n = 1.46$ よりも高い屈折率 $n = 1.48$ を有する有機シリコン系樹脂を用いている。また、ファイバ固定用樹脂 1 0 8 の材料として、フィルタ固定用樹脂 1 0 5 と略同一の屈折率を有する樹脂を用いている。また、散乱光低減用樹脂 1 0 7 の材料としては、屈折率 $n = 1.47$ を有する UV アクリル系樹脂を用いている。なお、フィルタ固定用樹脂 1 0 5 については、信号光の波長と同程度の約 $1\ \mu\text{m}$ の粒径のフィラー粒子が内在せず、内部での光の散乱が抑制される樹脂材料を用いている。

図 20 に示すように、フィルタ固定用樹脂 105 として、光ファイバ 125 の
コアよりも屈折率が高い樹脂材料を用いるとともに、フィルタ固定用樹脂 105
及びファイバ固定用樹脂 108 の屈折率を互いに略同一とした光導波路モジュール
5 内部における余分な散乱光の発生、散乱光の閉じ込め、及び溝方向への拡散が抑
制されて、信号光の光強度のモニタ特性が向上される。図 20 に示した例では、
図 18 に示した例に比べて、隣接するチャンネルでのクロストークがさらに約 2
dB 程度改善されている。

本発明による光導波路モジュールは、上記した実施形態に限られるものではな
10 く、様々な変形が可能である。例えば、反射フィルタからの反射光を検出するた
めの光検出器の構成及び設置方法については、図 11 及び図 12 に示した構成例
以外にも、様々な構成を用いることができる。例えば、図 3A 及び図 3B に示す
ように、サブマウント基板上に光検出器アレイを設置する構成を用いても良い。

産業上の利用可能性

15 本発明による光導波路モジュールは、余分な散乱光の影響が低減されて、信号
光のモニタ特性を向上することが可能な光導波路モジュールとして利用可能であ
る。すなわち、光導波路を横切る溝の内側に設置された反射フィルタによって信
号光の一部を反射して光強度のモニタに用いるとともに、反射フィルタを挿入す
るための溝を、光導波路のコア及びフィルタ固定用樹脂と略同一の屈折率を有す
20 る材料によって形成した構成の光導波路モジュールによれば、光回路の構成及び
製造工程が簡単化される。また、光導波路を含む光回路に形成された溝の内壁部
分、フィルタ固定用樹脂、及びそれらの境界面などの各部位での光の反射が抑制
されるので、溝の内部における余分な散乱光の発生が低減される。したがって、
信号光のモニタ特性を向上することが可能な光導波路モジュールが得られる。

25 また、光導波路を横切る溝の内側に設置された反射フィルタによって信号光の
一部を反射して光強度のモニタに用いるとともに、反射フィルタを挿入するた

の溝に充填されるフィルタ固定用樹脂を、光導波路のコアよりも高い屈折率を有する樹脂材料によって形成した構成の光導波路モジュールによれば、光回路の構成及び製造工程が簡単化される。また、溝の内部において発生した散乱光が積極的に外部へと放出されるので、溝の内部での余分な散乱光の閉じ込め及び拡散が抑制される。したがって、余分な散乱光の影響が低減されて、信号光のモニタ特性を向上することが可能な光導波路モジュールが得られる。

このような光導波路モジュールは、光ファイバや平面光導波路などからなる光回路中に挿入される信号光強度モニタとして適用することが可能である。あるいは、光合波器、光分波器、光減衰器などの様々な光回路の所定部位に設けることによって、光回路中で信号光強度をモニタする構成とすることも可能である。

請求の範囲

1. 基板、及び前記基板上に設けられた光導波路を含んで構成され、前記光導波路の所定位置を横切るように形成された溝を有する光回路と、

前記光回路の前記溝の内側に前記光導波路を伝搬される信号光が通過する部位を含むように設置され、前記信号光の一部を所定の反射率によって反射する反射フィルタと、

少なくとも前記溝の内側を封止するように充填されて前記反射フィルタを固定するフィルタ固定用樹脂と、

前記反射フィルタによって前記信号光の一部が反射された反射光を検出する光検出器とを備え、

前記光回路の前記溝は、所定の信号光波長帯域内にある波長を有する前記信号光に対して、前記光導波路のコア及び前記フィルタ固定用樹脂と略同一の屈折率を有する材料によって形成されていることを特徴とする光導波路モジュール。

2. 前記光回路の前記溝の一部は、前記基板の所定部位を除去することによって形成され、前記基板は、前記光導波路のコア及び前記フィルタ固定用樹脂と略同一の屈折率を有する前記材料からなることを特徴とする請求項1記載の光導波路モジュール。

3. 前記光回路の前記溝を形成する前記材料は、前記光導波路のコア及び前記フィルタ固定用樹脂と略同一の屈折率を有するガラス材料であることを特徴とする請求項1記載の光導波路モジュール。

4. 前記光回路は、前記光導波路としてN本（Nは複数）の光導波路を有し、前記光回路の前記溝の内側には、前記N本の光導波路にそれぞれ対応するN個の反射フィルタが設置されるとともに、前記溝の内側における前記N個の反射フィルタのそれぞれの間には、光遮蔽手段が設けられていることを特徴とする請求項1記載の光導波路モジュール。

5. 前記光回路の前記溝は、前記光導波路の光軸に直交する垂直軸に対

して所定の傾き角度 θ ($0^\circ < \theta$) で斜めに形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の光導波路モジュール。

6. 基板、及び前記基板上に設けられた光導波路を含んで構成され、前記光導波路の所定位置を横切るように形成された溝を有する光回路と、

5 前記光回路の前記溝の内側に前記光導波路を伝搬される信号光が通過する部位を含むように設置され、前記信号光の一部を所定の反射率によって反射する反射フィルタと、

少なくとも前記溝の内側を封止するように充填されて前記反射フィルタを固定するフィルタ固定用樹脂と、

10 前記反射フィルタによって前記信号光の一部が反射された反射光を検出する光検出器とを備え、

前記フィルタ固定用樹脂は、所定の信号光波長帯域内にある波長を有する前記信号光に対して、前記光導波路のコアよりも高い屈折率を有する樹脂材料によって形成されていることを特徴とする光導波路モジュール。

15 7. 前記フィルタ固定用樹脂の外側に、前記フィルタ固定用樹脂よりも高い屈折率を有する樹脂材料によって形成された 1 または複数層の樹脂層を備えることを特徴とする請求項 6 記載の光導波路モジュール。

8. 前記光回路の前記光導波路は、前記基板上に固定された光ファイバからなり、前記光ファイバを固定するファイバ固定用樹脂は、前記フィルタ固定用樹脂と略同一の屈折率を有する樹脂材料によって形成されていることを特徴とする請求項 6 記載の光導波路モジュール。

20 9. 前記フィルタ固定用樹脂は、前記信号光波長帯域内にある波長と略同一の寸法の粒子が内在しない樹脂材料によって形成されていることを特徴とする請求項 6 記載の光導波路モジュール。

25 10. 前記光回路の前記溝は、前記光導波路の光軸に直交する垂直軸に対して所定の傾き角度 θ ($0^\circ < \theta$) で斜めに形成されていることを特徴とする

請求項 6 記載の光導波路モジュール。

図1

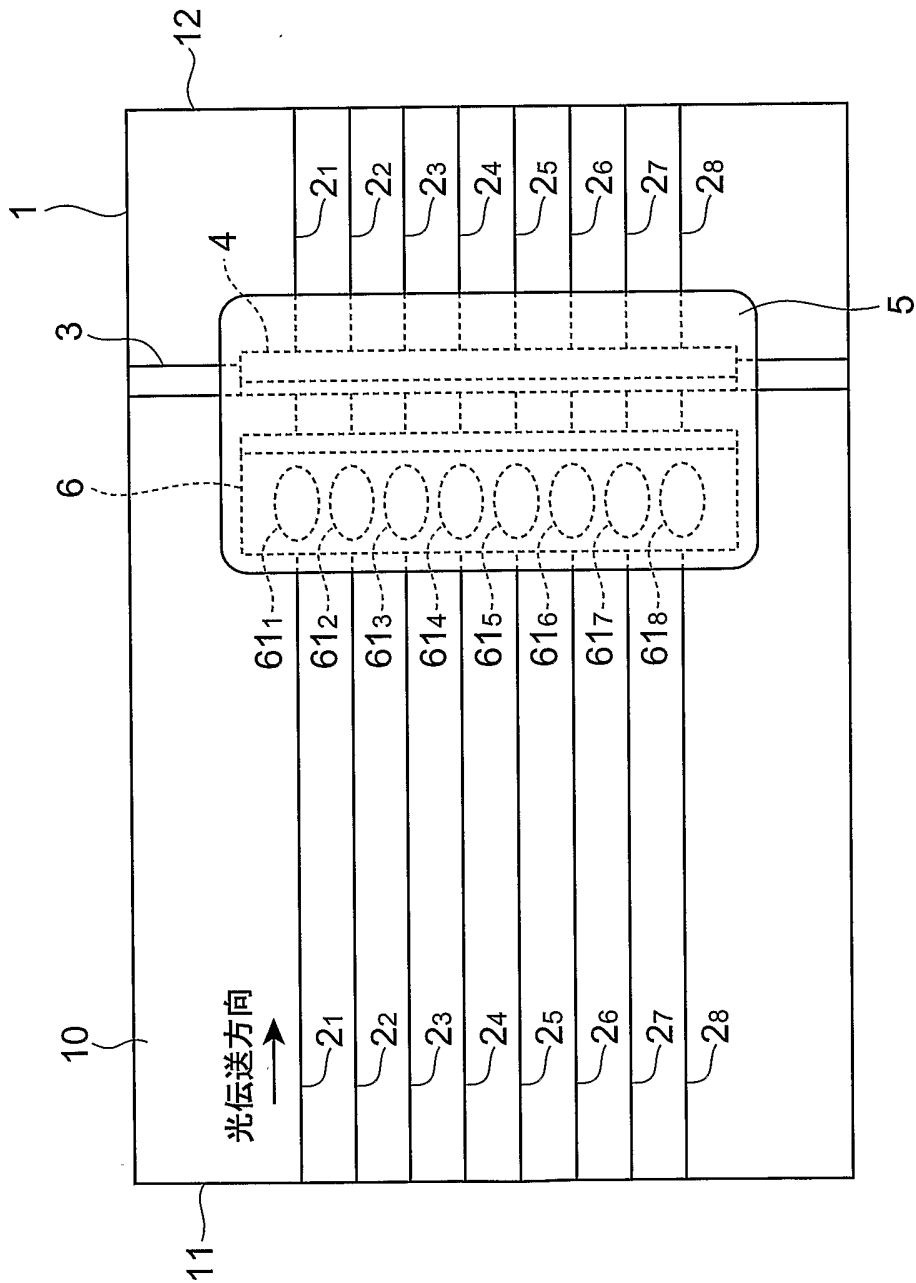


図2

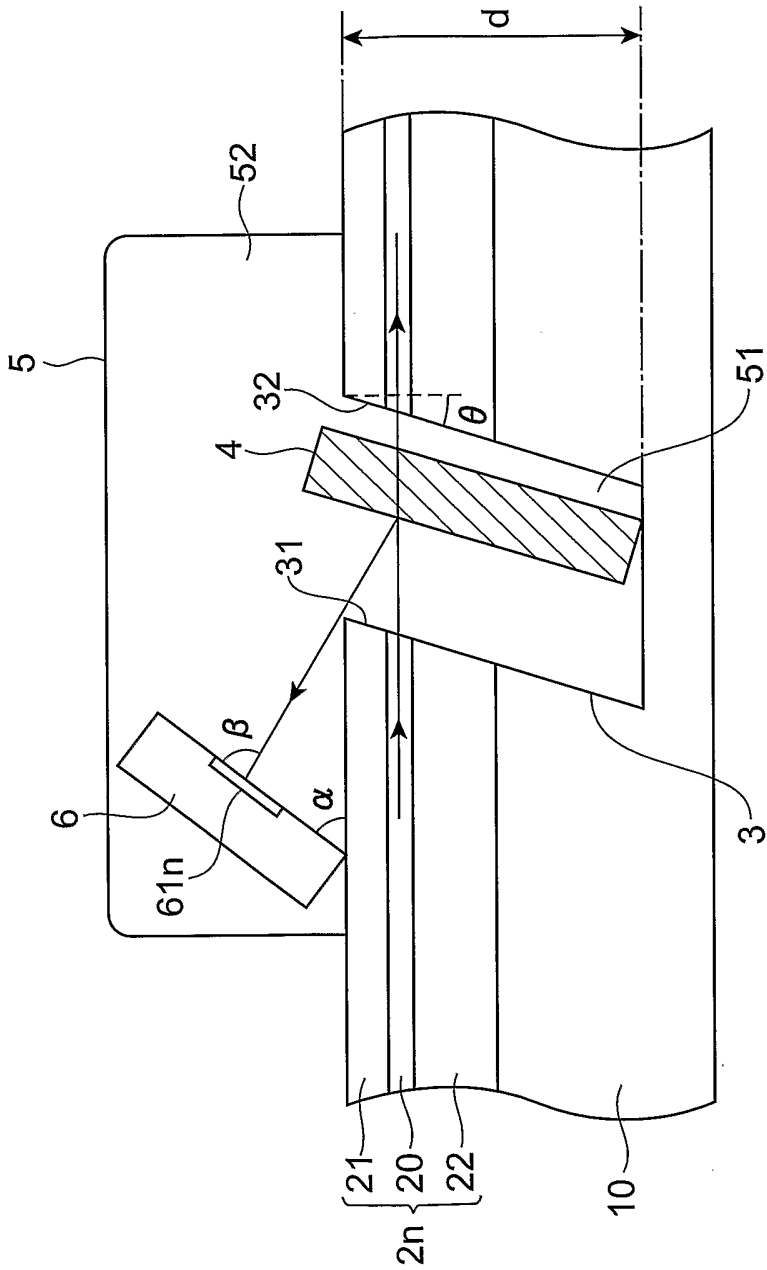


図3A

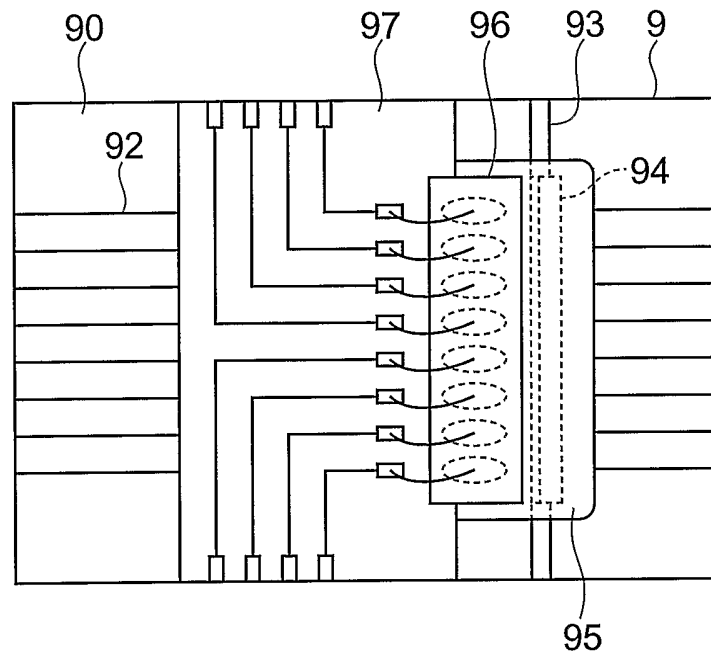


図3B

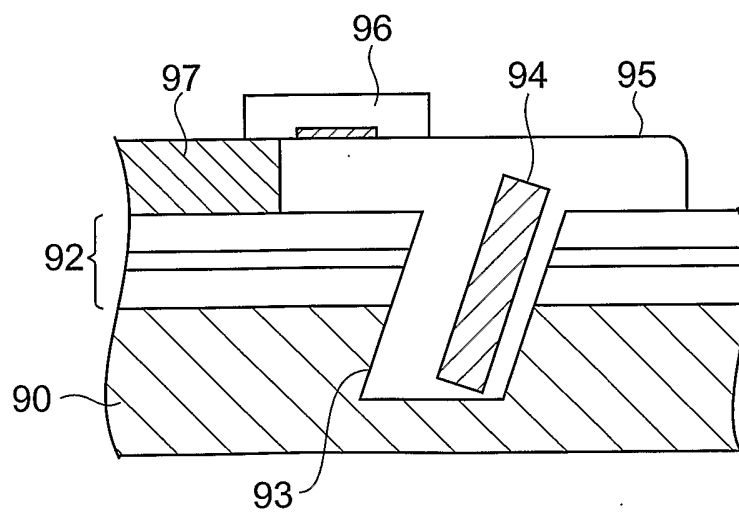


図4

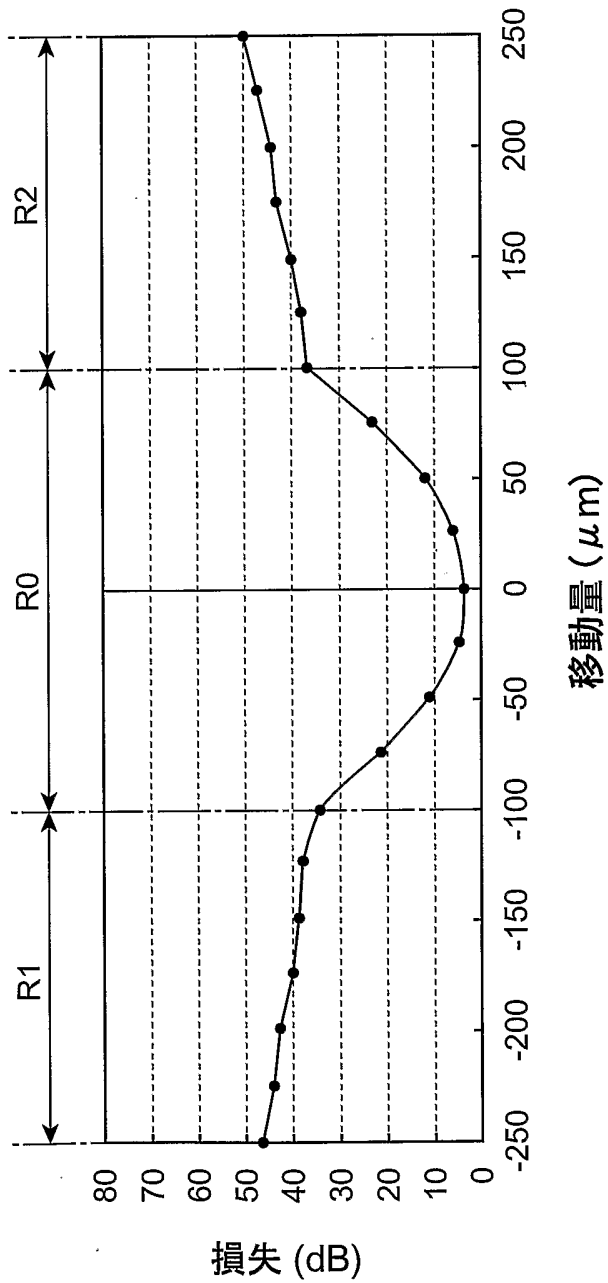


図5

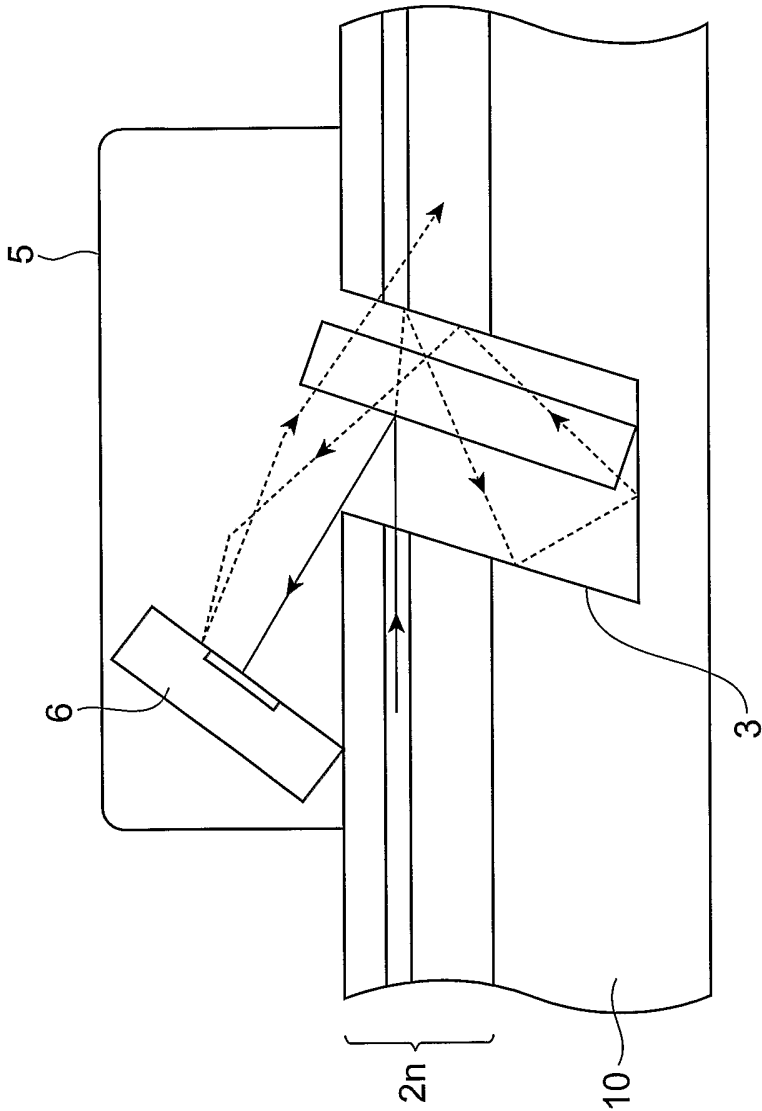


図6A

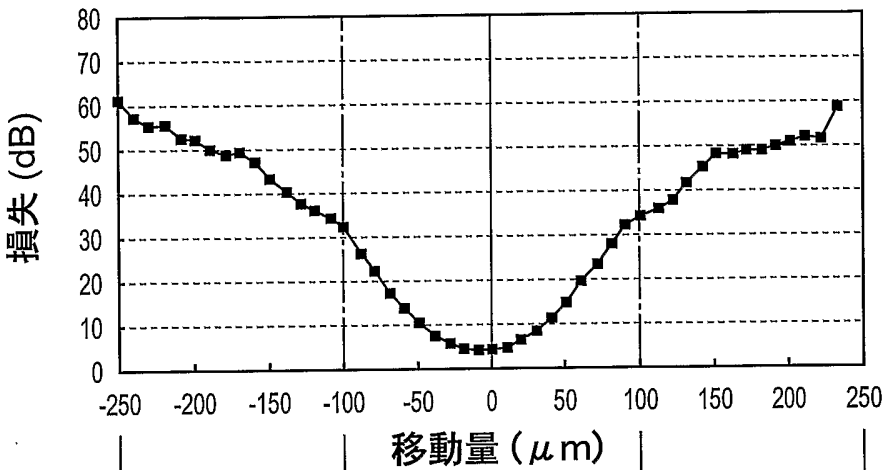
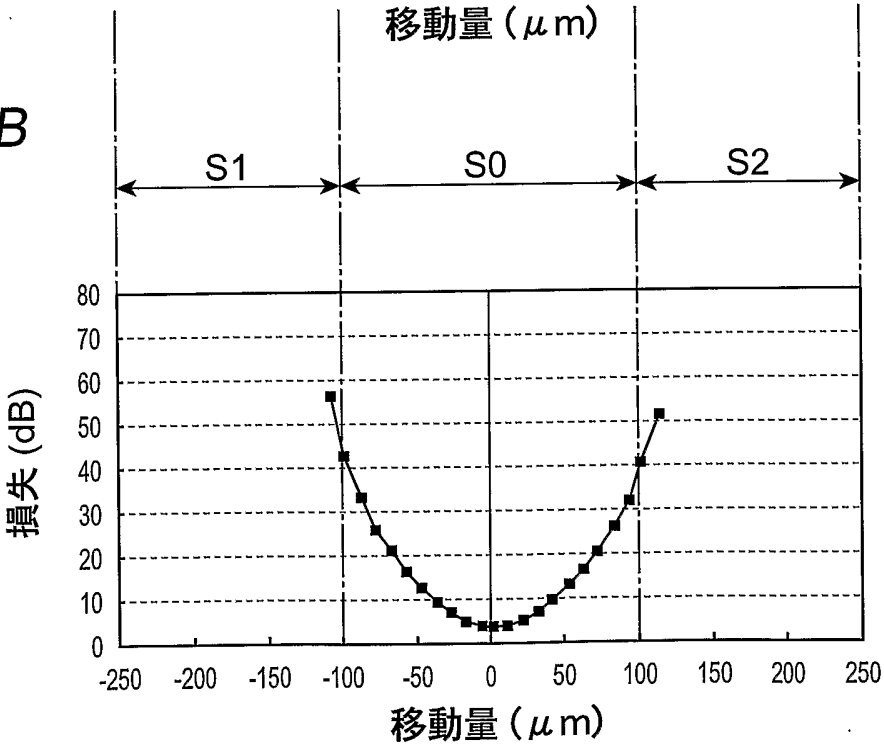


図6B



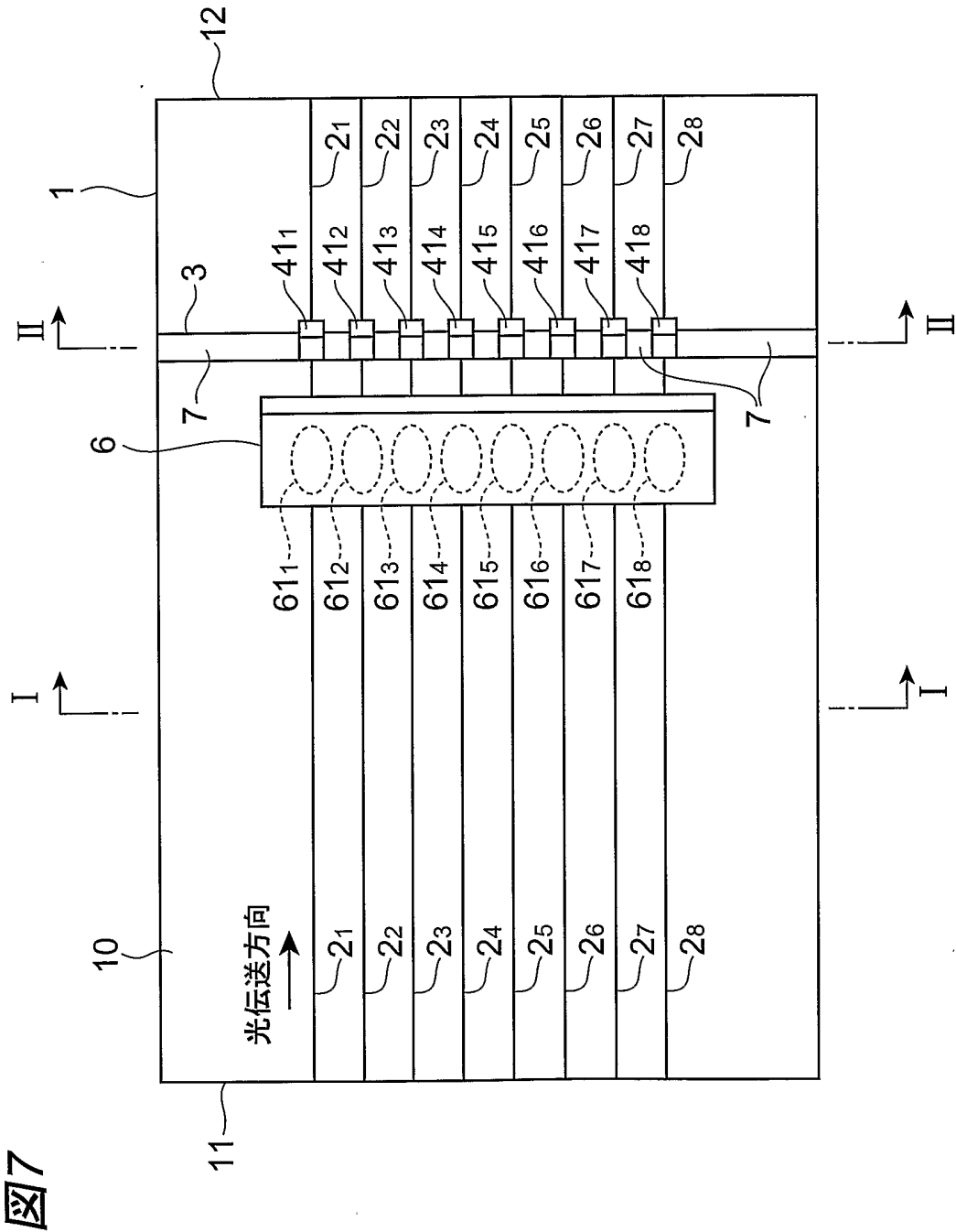


図8A

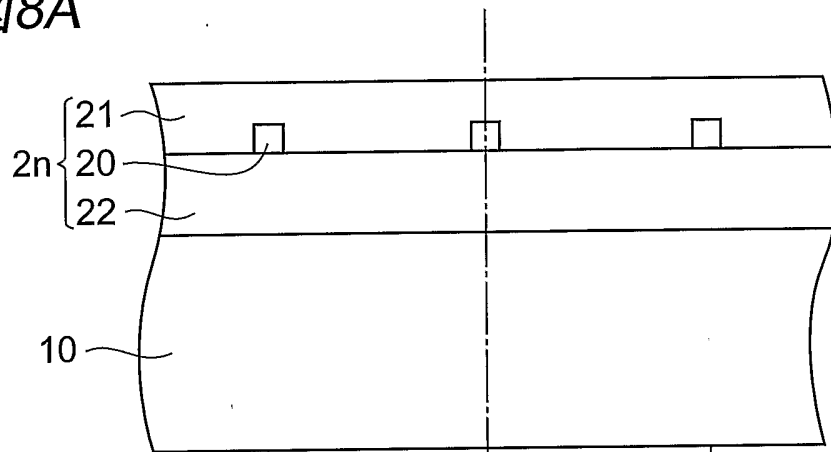


図8B

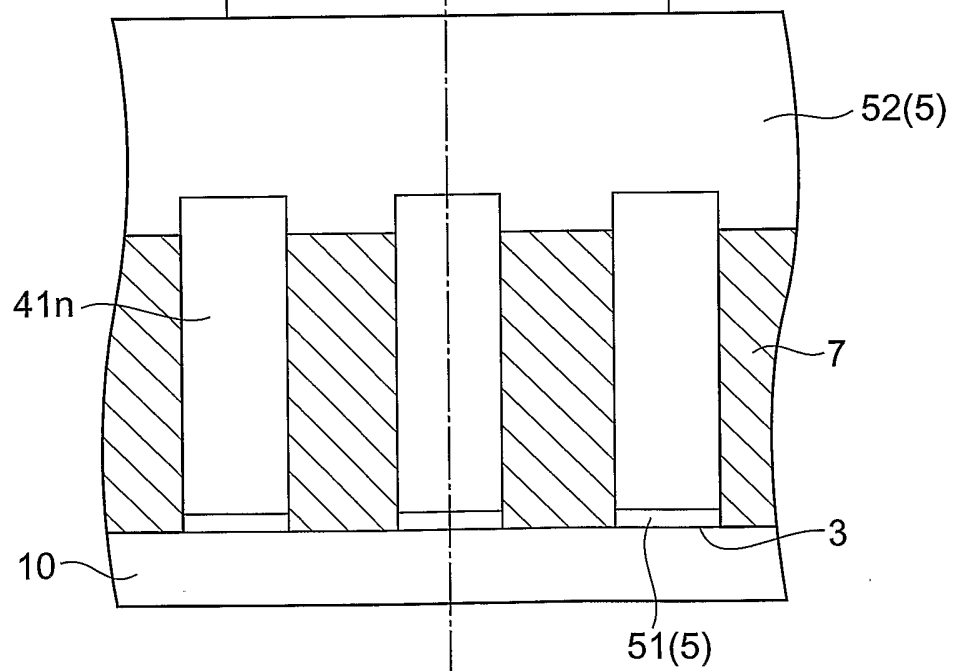


図9A

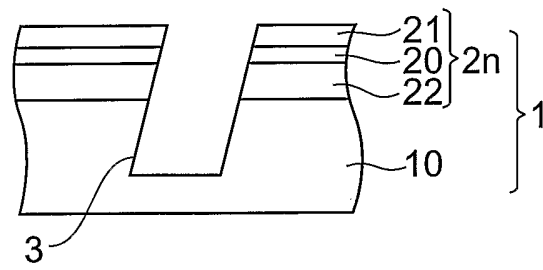


図9B

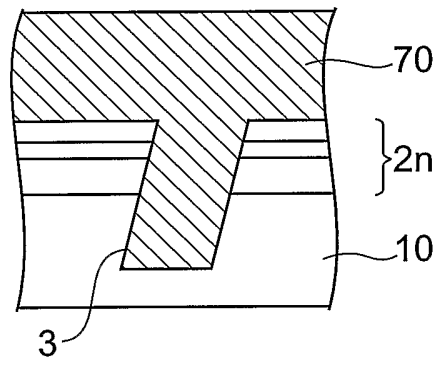


図9C

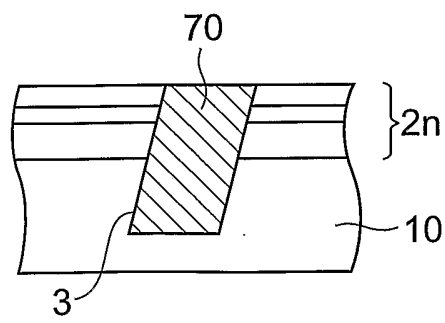


図10A

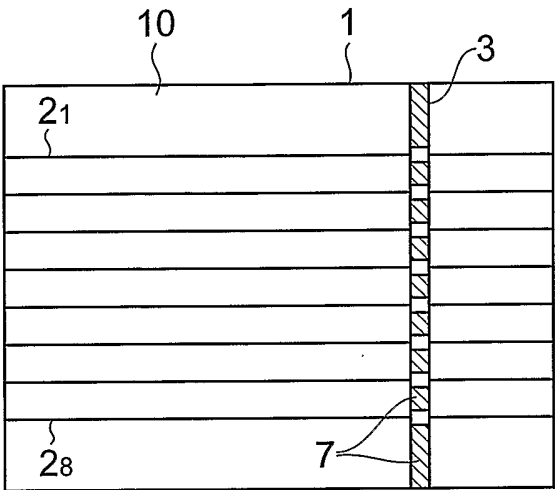


図10B

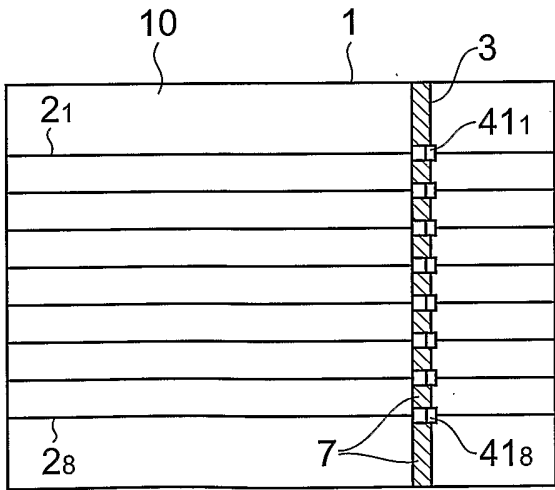


図11

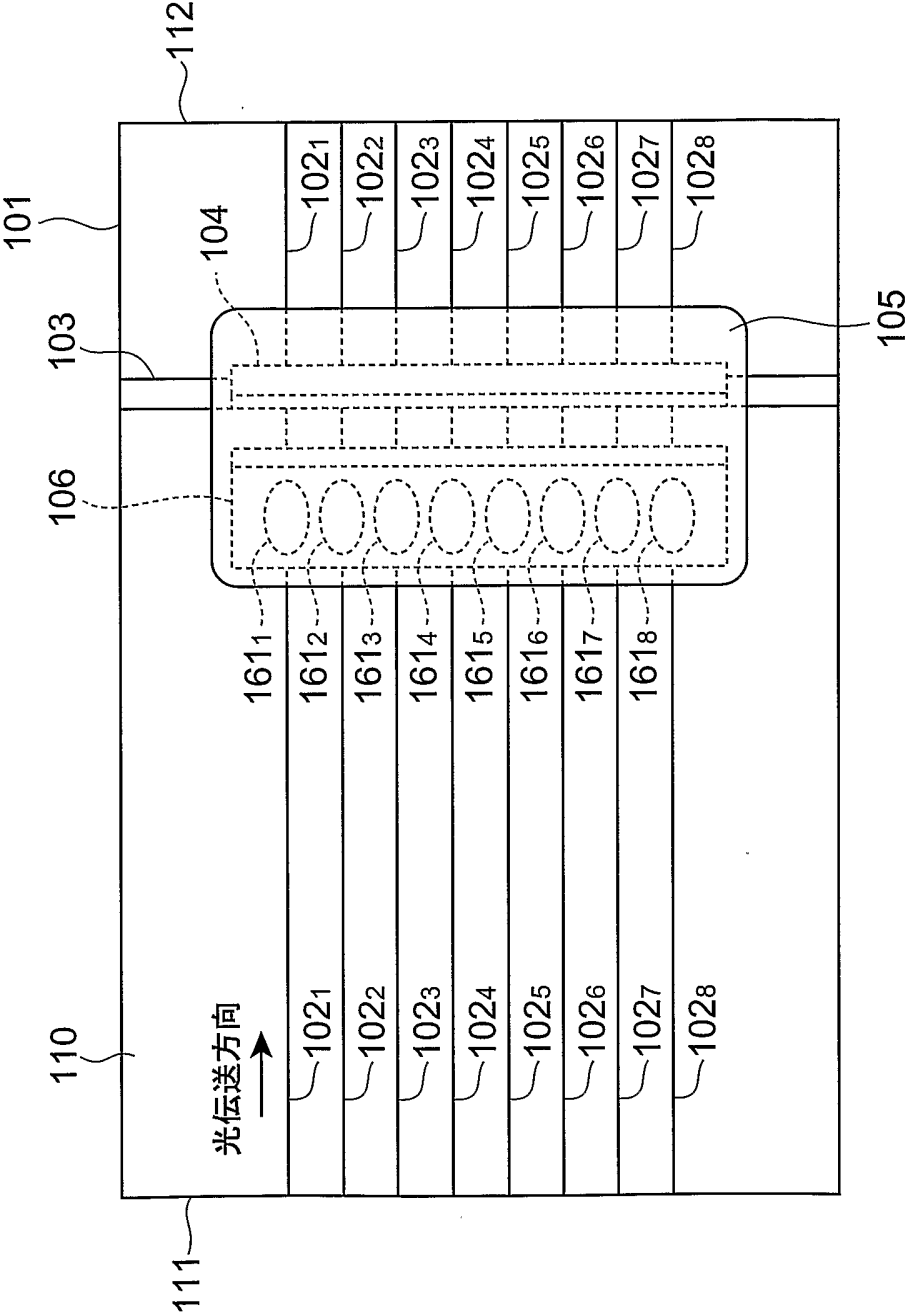


図12

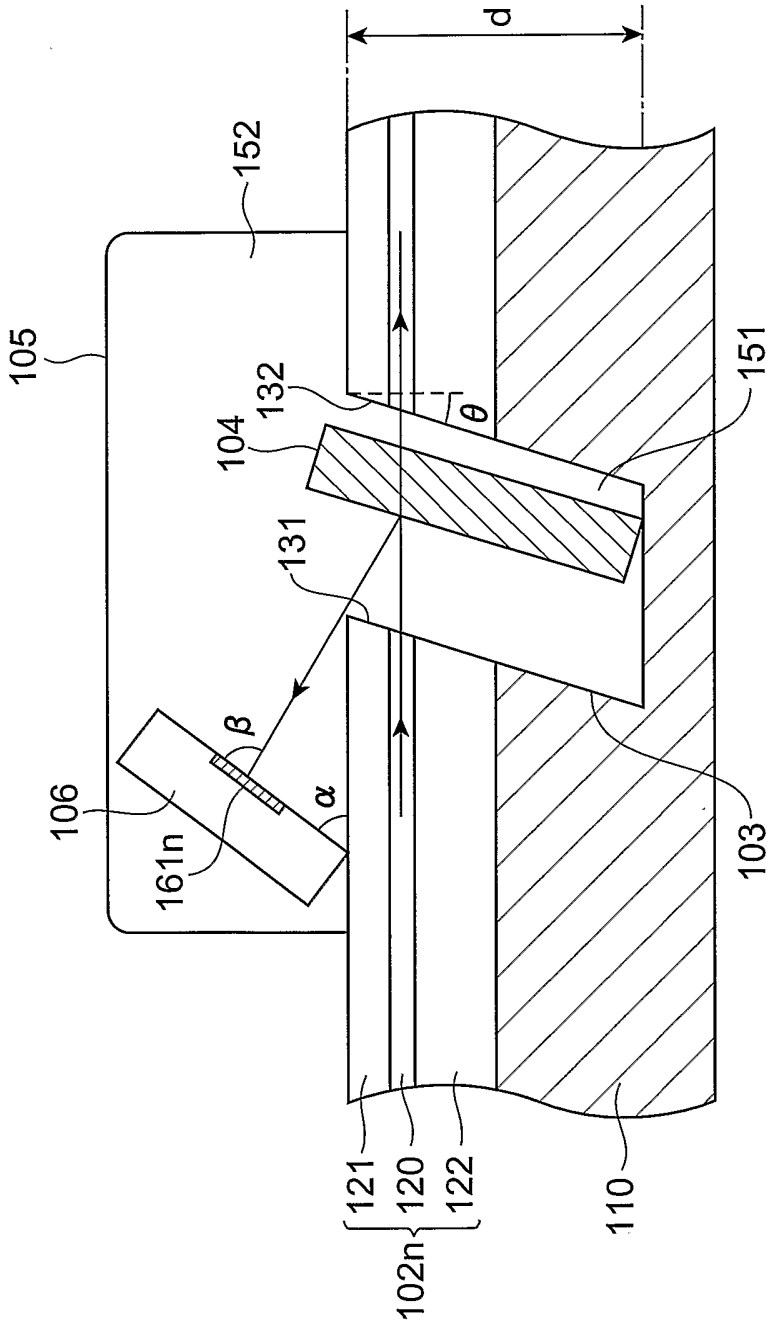


図13

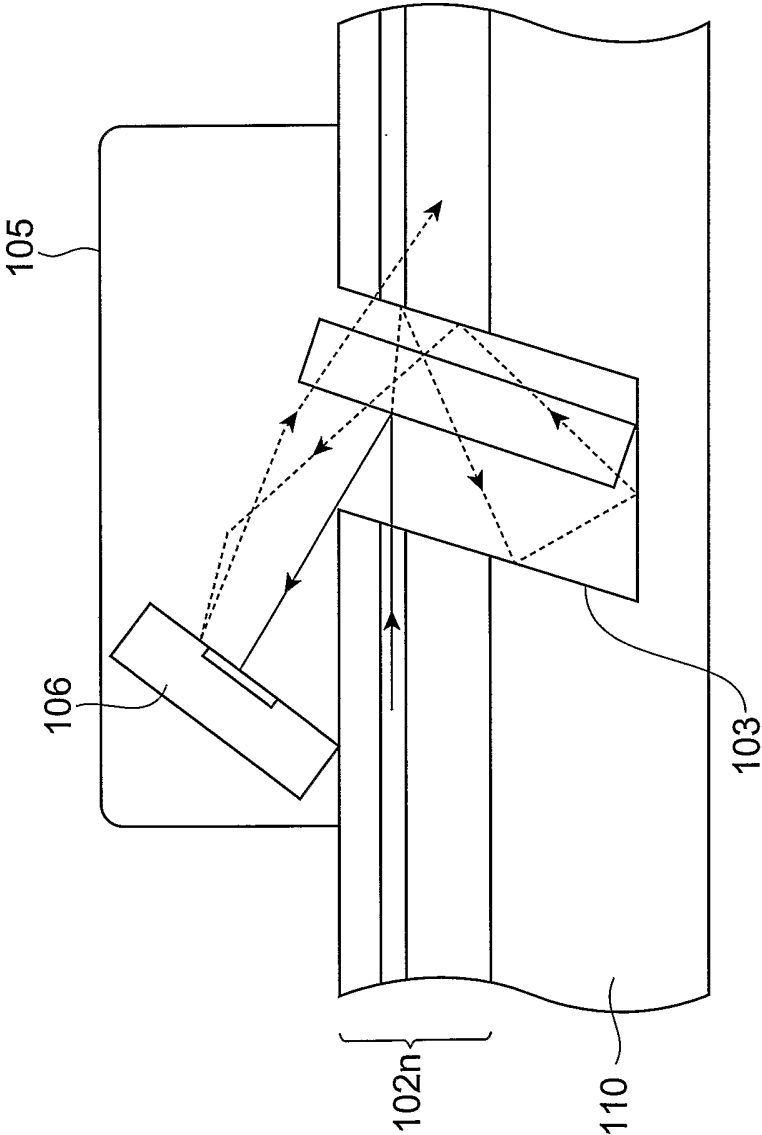


図14

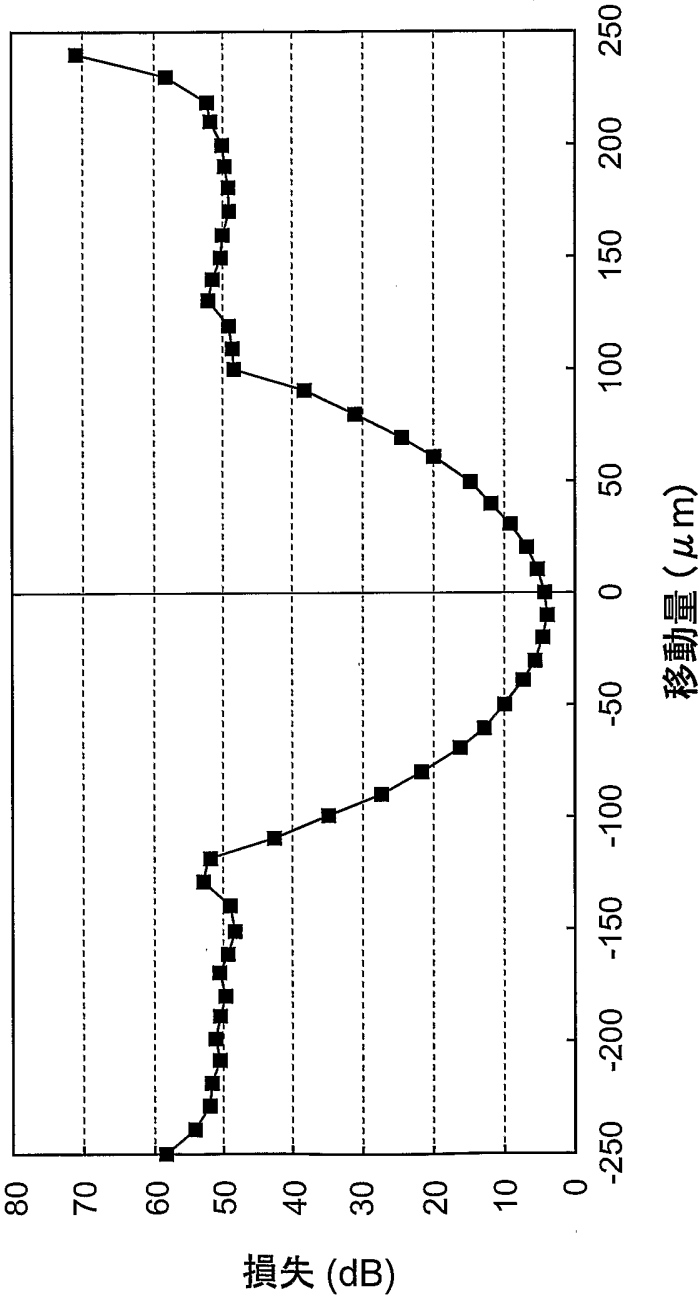


図15

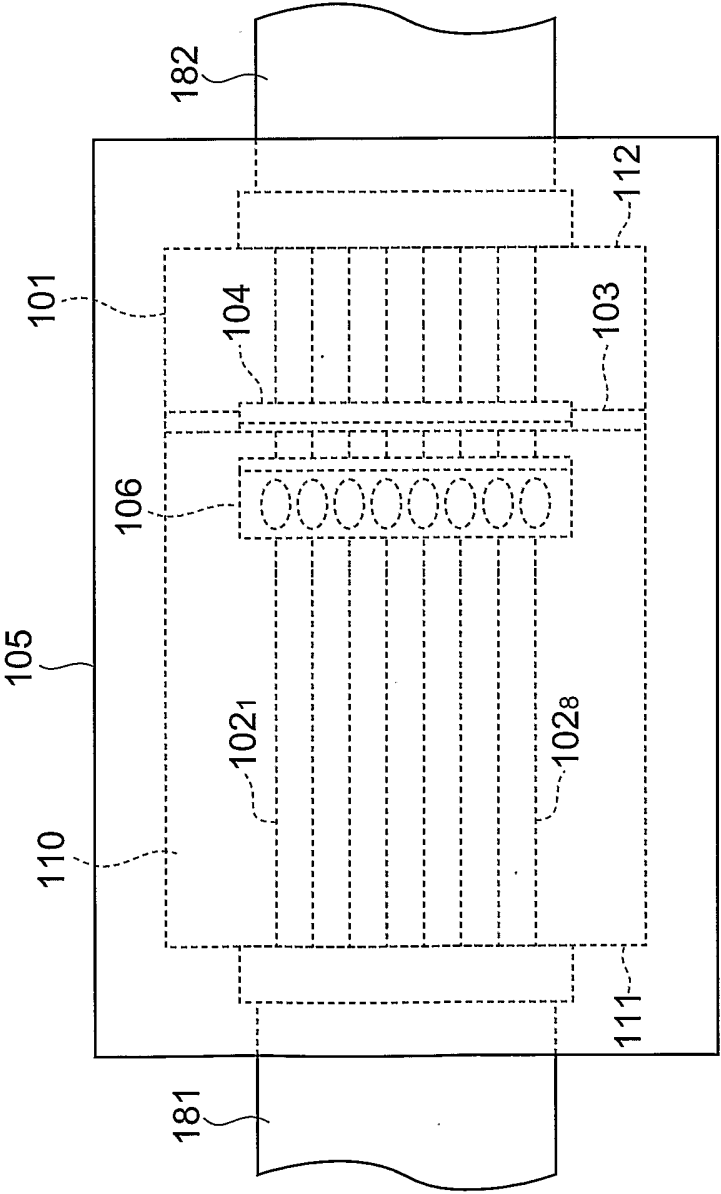


図17

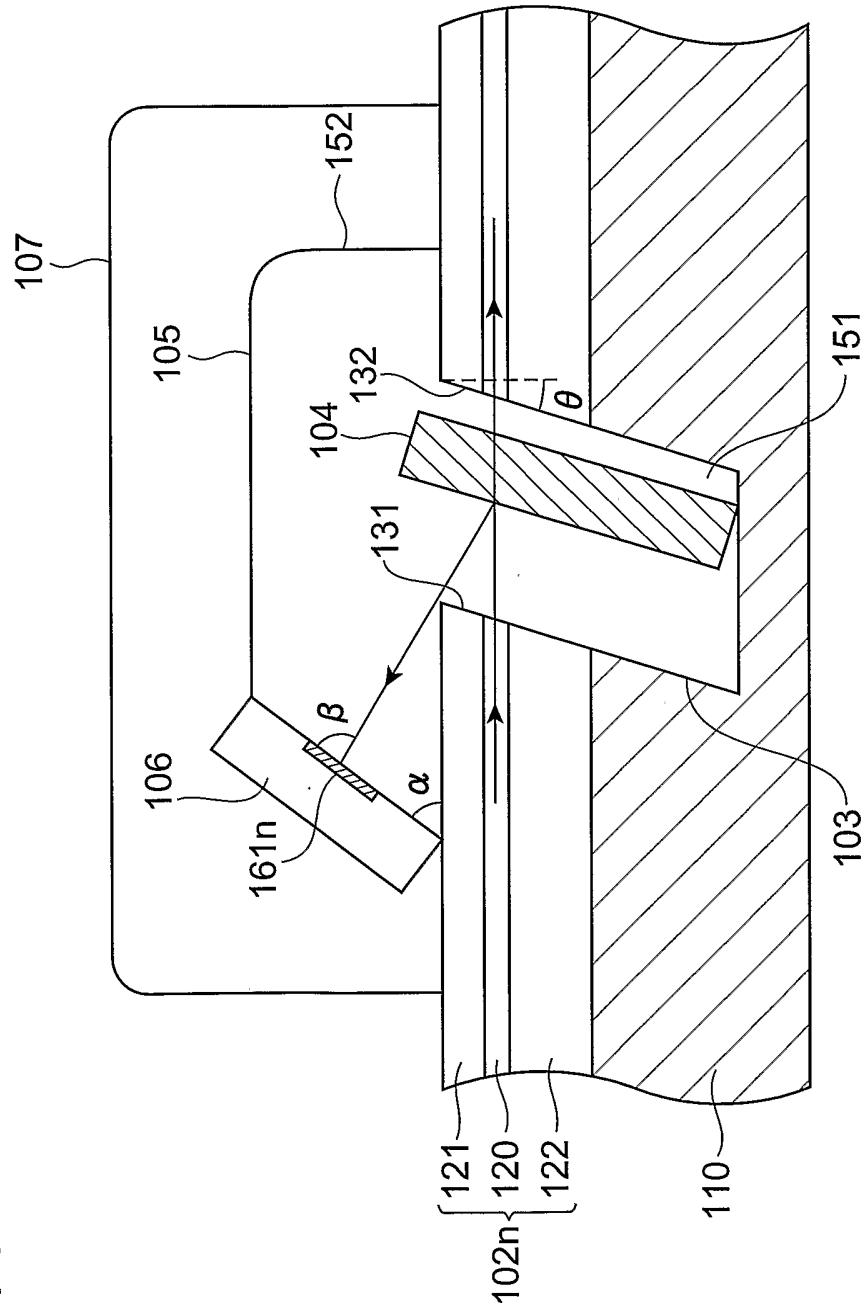


図18

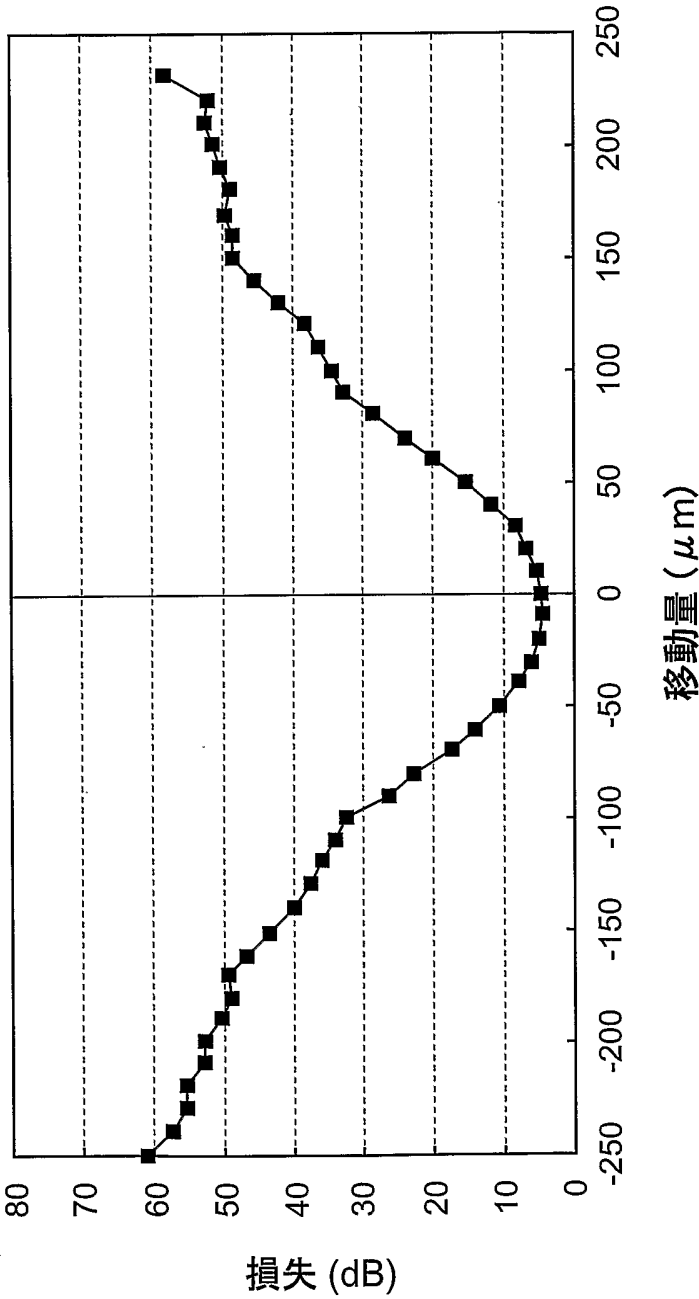


図19A

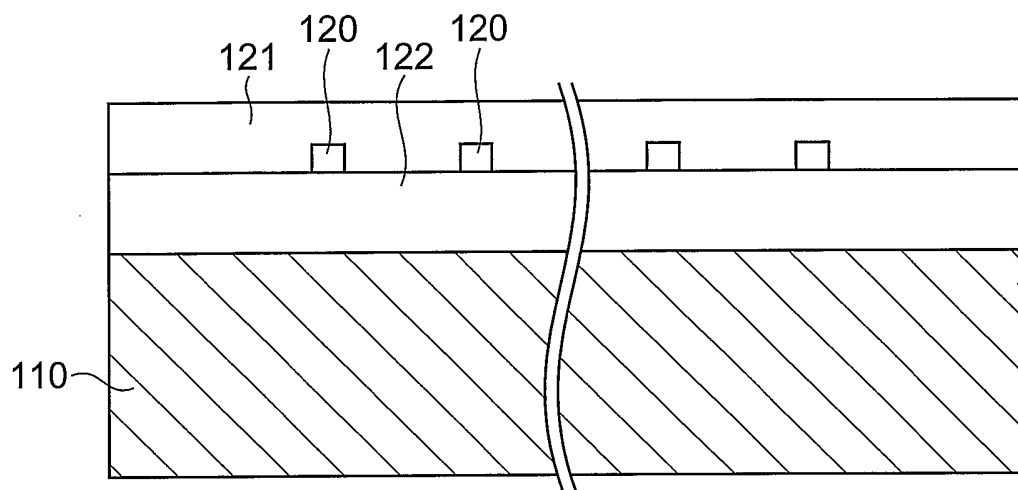


図19B

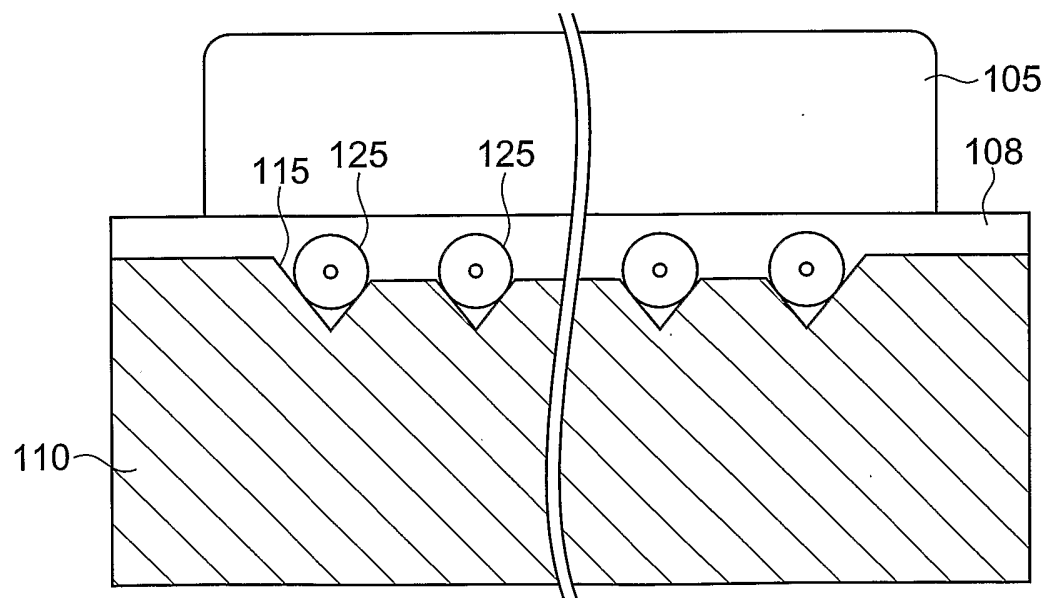
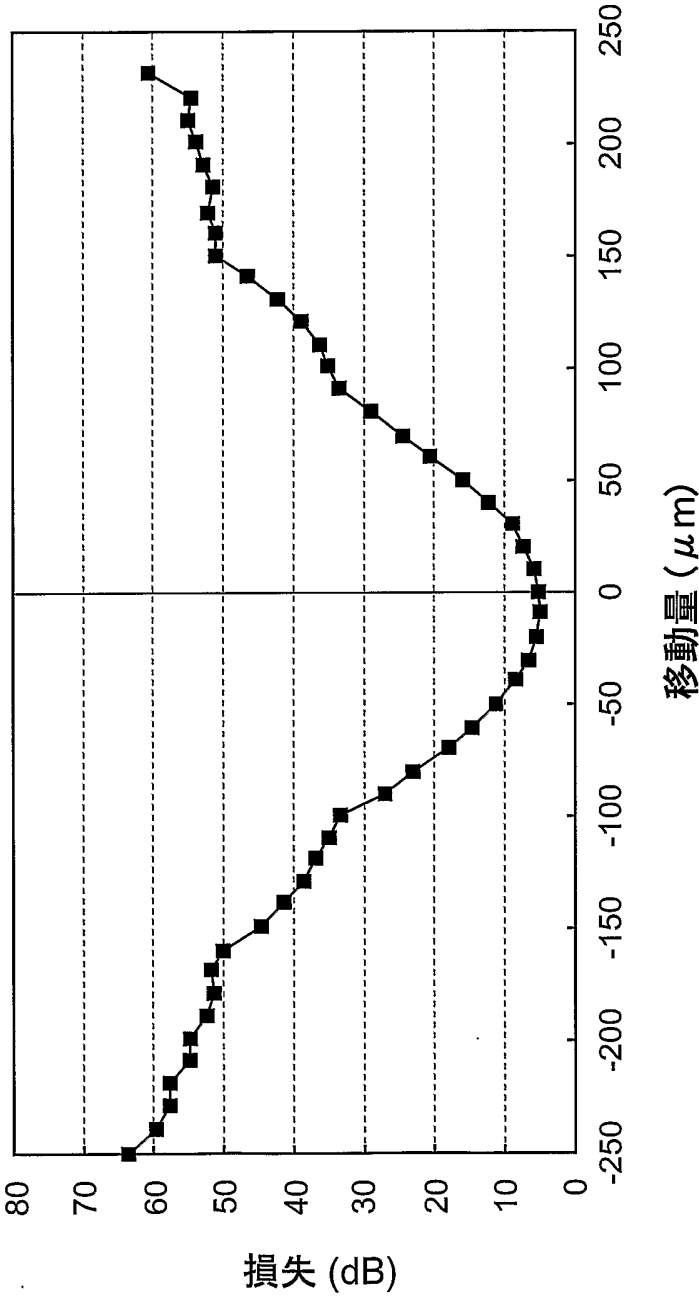


図20



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP03/06021

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl.⁷ G02B6/12, G02B6/42

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl.⁷ G02B6/12-6/14, G02B6/42-6/43

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	Takashi SASAKI et al., "Kogata Tahacho Shingo Kyodo Monitor no Kaihatsu", 2001 nen The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers Sogo Taikai Koen Ronbunshu, 07 March, 2001 (07.03.01), Electronics 1, page 251	1-2
X A	WO 97/06458 A1 (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 20 February, 1997 (20.02.97), & EP 844503 A1 Example 1	1-2, 6 7

☒ 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 document 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
30 July, 2003 (30.07.03)

Date of mailing of the international search report
12 August, 2003 (12.08.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/06021

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	T. SASAKI et al., Multi-Channel Power Level Monitor with Upward-Reflector and Sensor-Array Integrated in Planar Lightwave Circuit, Technical Digest of Optical Fiber Communication Conference, 2001(OFC 2001), 17-22 March, 2001 (17-22.03.01), Vol.3, p.WB6-1-WB6-3	1-2
P,X	JP 2002-182051 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 26 June, 2002 (26.06.02), & EP 1288688 A2	1-2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/06021

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

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

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

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

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

The search has revealed that the subject matter of claim 1 is not novel since it is disclosed in document 1: 2001-nen The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, Sogo-Taikai Koen-Ronbunshu, 2001.03.07, and Electronics 1, p.251, and that the subject matter of claim 1, 6 is also not novel since it is disclosed in document 2: WO 97/06458 A1.

Consequently, since the subject matters of claims 1, 6 make no contribution over the prior art, no technical relationship within the meaning of PCT Rule 13 between the inventions of claims [1-2] and the inventions of claims [3], [4], [5], [6-7], [8], [9], [10] can be seen. Therefore, they do not comply with the requirement of unity of invention.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.: 1-2, 6-7

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

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G02B6/12, G02B6/42

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. Cl⁷ G02B6/12-6/14, G02B6/42-6/43

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

日本国実用新案公案 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年
 日本国実用新案登録公報 1996-2003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	佐々木隆 et.al., 小型多波長信号強度モニタの開発, 2001 年電子情報通信学会総合大会講演論文集, 2001.03.07, エレクトロニクス 1 p.251	1-2
X A	WO 97/06458 A1 (松下電器産業株式会社) 1997.02.20 &EP 844503 A1 実施例 1	1-2,6 7

☒ 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

30.07.03

国際調査報告の発送日

12.08.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 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)

日夏 貴史

2K 9411

電話番号 03-3581-1101 内線 3253

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	T.Sasaki et.al., Multi-Channel Power Level Monitor with Upward-Reflector and Sensor-Array Integrated in Planar Lightwave Circuit, Technical Digest of Optical Fiber Communication Conference 2001 (OFC 2001), March 17-22, 2001, Vol.3 p.WB6-1 - WB6-3	1-2
P X	JP 2002-182051 A (住友電気工業株式会社) 2002.06.26 &EP 1288688 A2	1-2

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

法第 8 条第 3 項 (PCT 17 条 (2) (a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

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

第 II 欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第 1 ページの 3 の続き)

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

請求の範囲 1 に記載された事項は文献 1:2001 年電子情報通信学会総合大会講演論文集, 2001.03.07, エレクトロニクス 1 p.251 に、請求の範囲 1 及び 6 に記載された事項は文献 2:WO 97/06458 A1 にそれぞれ開示されているから、新規でないことが明らかとなった。

この結果、請求の範囲 1 及び 6 に記載された事項は先行技術の域を出ないから、請求の範囲 [1-2] と、請求の範囲 [3] [4] [5] [6-7] [8] [9] [10] との間に PCT 規則 13 の意味における技術的な関連を見い出すことはできないので、単一性の要件を満たしていない。

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

1-2, 6-7

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

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