

(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2010-32921

(P2010-32921A)

(43) 公開日 平成22年2月12日(2010.2.12)

(51) Int.Cl.

G02B 6/122 (2006.01)

F1

G02B 6/12

D

テーマコード (参考)

2H147

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2008-197007 (P2008-197007)
 (22) 出願日 平成20年7月30日 (2008.7.30)

(71) 出願人 591230295
 N T Tエレクトロニクス株式会社
 神奈川県横浜市神奈川区新浦島町一丁目1
 番地32
 (74) 代理人 100119677
 弁理士 岡田 賢治
 (74) 代理人 100115794
 弁理士 今下 勝博
 (72) 発明者 永野 充
 東京都渋谷区道玄坂一丁目12番1号 N
 T Tエレクトロニクス株式会社内
 (72) 発明者 姫野 明
 東京都渋谷区道玄坂一丁目12番1号 N
 T Tエレクトロニクス株式会社内

最終頁に続く

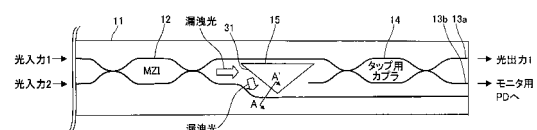
(54) 【発明の名称】 平面光導波回路

(57) 【要約】

【課題】本発明は、MZIから漏れた漏洩光のタップ用カプラへの進入を防ぎ、タップ率の変動を低減することを目的とする。

【解決手段】本発明に係る平面光導波回路は、クラッド層と、クラッド層に埋め込まれたコアを有する光導波路と、クラッド層に形成され、光導波路からクラッド層へ漏れた漏洩光を全反射する反射界面31を有する溝15と、を備えることを特徴とする。漏洩光を全反射する反射界面31をクラッド層に形成することで、漏洩光のタップ用カプラ14への進入を防ぎ、タップ率の変動を低減することができる。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

クラッド層と、
前記クラッド層に埋め込まれたコアを有する光導波路と、
前記クラッド層に形成され、前記光導波路から前記クラッド層へ漏れた漏洩光を全反射する反射界面を有する溝と、
を備えることを特徴とする平面光導波回路。

【請求項 2】

タップ用カブラを備え、
前記反射界面が、前記タップ用カブラへ伝搬する前記漏洩光を全反射することを特徴とする請求項 1 に記載の平面光導波回路。

10

【請求項 3】

前記溝を複数備え、
各々の前記溝は、
他の前記溝における前記反射界面から反射された漏洩光が入射される入射界面と、
前記入射界面から前記溝に入射した前記漏洩光を前記クラッド層に出射させる出射界面と、を備え、
前記出射界面は、前記タップ用カブラの軸方向に対して 45° 以上の角度で前記漏洩光を出射させることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の平面光導波回路。

【請求項 4】

前記溝を複数備え、
各々の前記溝は、
他の前記溝における前記反射界面から反射された漏洩光が入射される入射界面と、
前記入射界面から前記溝に入射した前記漏洩光を前記クラッド層に出射させる出射界面と、を備え、
前記入射界面が前記軸方向と略平行であり、
前記入射界面と前記反射界面の角度が 30° であり、
前記反射界面と前記出射界面の角度が 120° であることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の平面光導波回路。

20

【請求項 5】

前記反射界面の法線に対する前記タップ用カブラの軸方向の角度は、前記反射界面の臨界角以上 90° 以下であることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載の平面光導波回路。

30

【請求項 6】

クラッド層と、
前記クラッド層に埋め込まれたコアを有する光導波路と、
前記クラッド層に形成された溝と、
タップ用カブラと、を備え、
前記溝の第 1 の界面の法線に対する前記タップ用カブラの軸方向の角度 θ が臨界角以上であることを特徴とする平面光導波回路。

40

【請求項 7】

前記溝が複数配置され、
前記溝が第 2 の界面及び第 3 の界面を有し、
前記第 2 の界面が前記軸方向と略平行であり、
前記第 3 の界面と前記第 1 の界面のなす角度 $(\theta + \theta_r)$ が次式を満たすことを特徴とする請求項 6 に記載の平面光導波回路。

【数 1】

$$\phi = \theta_r - \arcsin\left(-\frac{n_2}{n_1} \cos\left(\arcsin\left(-\frac{n_1}{n_2} \cos 2\theta\right) + \theta_r\right)\right)$$

$$\phi \geq 45^\circ$$

なお、 n_1 はクラッド層の屈折率、 n_2 は前記溝の屈折率である。

【請求項 8】

前記溝は、前記溝内に入射した漏洩光の光強度を減衰させる遮光材を備えることを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれかに記載の平面光導波回路。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光通信システムに用いられる光デバイスに関し、特に、基板上にクラッド層と、クラッド層に埋め込まれたコアによって形成された光導波路で構成される平面光導波回路に関するものである。

【背景技術】

【0002】

光通信システムに用いられる光デバイスとして、光スイッチなどの光回路を搭載した平面光導波回路が用いられている（例えば、特許文献 1 及び非特許文献 1 参照。）。平面光導波回路を用いて構成される光通信システムノードの 1 つに波長多重信号を用いた光分岐挿入多重（ROADM: Reconfigurable Optical Add Drop Multiplexer）方式がある。この方式は、ノード内において任意の WDM チャンネル信号のみについて下層ネットワークとの間で受け渡しを行った後に、全ての信号を隣接するノードへ伝送する機能を有し、主にリングネットワークを構成する方式として用いられる。この機能を実現するために、1 つのモジュール内に平面光導波回路を集積した高機能光デバイスが提案されている。

【0003】

図 10 は、従来 of 平面光導波回路の一例を示す。光回路を構成する MZI (Mach-Zehnder Interferometer) 51 から出力された光は 2 つに分岐され、一方はタップ用カブラ 52 に入力される。タップ用カブラ 52 に入力された光は 2 つに分岐され、一方は光出力として出力端 53a から出力され、他方はモニタ用として出力端 53b から出力される。出力端 53b からの光はモニタ用 PD (Photo Detector) で光強度が検出される。従来 of 平面光導波回路では、平面光導波回路の集積度を上げるために、MZI 51 とタップ用カブラ 52 は、略同一直線上に並べられていた。

【特許文献 1】特許 3755762 号公報

【非特許文献 1】Y. Hashizume, et al., "Compact 32-channel 2x2 optical switch array based on PLC technology for OADM systems", ECOC 2003, M03-5-4

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

従来は、タップ用カブラが MZI と略同一直線上に並べられるので、MZI のコアからクラッド層へ漏れた漏洩光がタップ用カブラに入り込み、タップ率を変動させていた。

【0005】

そこで、本発明は、MZI から漏れた漏洩光のタップ用カブラへの進入を防ぎ、タップ率の変動を低減することを目的とする。

10

20

30

40

50

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するために、本発明に係る平面光導波回路は、クラッド層と、前記クラッド層に埋め込まれたコアを有する光導波路と、前記クラッド層に形成され、前記光導波路から前記クラッド層へ漏れた漏洩光を全反射する反射界面を有する溝と、を備えることを特徴とする。

漏洩光を全反射する反射界面をクラッド層に形成することで、漏洩光のタップ用カブラへの進入を防ぎ、タップ率の変動を低減することができる。

【0007】

本発明に係る平面光導波回路では、タップ用カブラを備え、前記反射界面が、前記タップ用カブラへ伝搬する前記漏洩光を全反射することが好ましい。

反射界面がタップ用カブラに伝搬する漏洩光を全反射するので、漏洩光のタップ用カブラへの進入を防ぎ、タップ率の変動を低減することができる。

【0008】

本発明に係る平面光導波回路では、前記溝を複数備え、各々の前記溝は、他の前記溝における前記反射界面から反射された漏洩光が入射される入射界面と、前記入射界面から前記溝に入射した前記漏洩光を前記クラッド層に出射させる出射界面と、を備え、前記出射界面は、前記タップ用カブラの軸方向に対して 45° 以上の角度で前記漏洩光を出射させることが好ましい。

反射界面で反射させた漏洩光が隣接するチャンネルのタップ用カブラへ進入する場合がある。そこで、隣接する溝で反射された漏洩光を一旦溝に取り込む入射界面を設ける。そして、他のタップ用カブラへ進入しない角度で出射界面から出射する。これにより、漏洩光が他のチャンネルのタップ用カブラに進入しにくい構造とすることができる。

【0009】

本発明に係る平面光導波回路では、前記溝を複数備え、各々の前記溝は、他の前記溝における前記反射界面から反射された漏洩光が入射される入射界面と、前記入射界面から前記溝に入射した前記漏洩光を前記クラッド層に出射させる出射界面と、を備え、前記入射界面が前記軸方向と略平行であり、前記入射界面と前記反射界面の角度が 30° であり、前記反射界面と前記出射界面の角度が 120° であることが好ましい。

反射界面で反射させた漏洩光が隣接するチャンネルのタップ用カブラへ進入する場合がある。そこで、隣接する溝で反射された漏洩光を一旦溝に取り込む入射界面を設ける。そして、入射界面に対する反射界面及び出射界面の角度を 30° とする。これにより、漏洩光が他のチャンネルのタップ用カブラに進入しにくい構造とすることができる。

【0010】

本発明に係る平面光導波回路では、前記反射界面の法線に対する前記タップ用カブラの軸方向の角度は、前記反射界面の臨界角以上 90° 以下であることが好ましい。

タップ用カブラの軸方向からタップ用カブラに入射する漏洩光を反射界面で全反射させることができる。

【0011】

本発明に係る平面光導波回路は、クラッド層と、前記クラッド層に埋め込まれたコアを有する光導波路と、前記クラッド層に形成された溝と、タップ用カブラと、を備え、前記溝の第1の界面の法線に対する前記タップ用カブラの軸方向の角度 θ が臨界角以上であることを特徴とする。

本発明により、タップ用カブラへ浅い角度で入射する漏洩光のタップ用カブラへの進入を防ぎ、タップ率の変動を低減することができる。

【0012】

本発明に係る平面光導波回路では、前記溝が複数配置され、前記溝が第2の界面及び第3の界面を有し、前記第2の界面が前記軸方向と略平行であり、前記第3の界面と前記第1の界面のなす角度 $(\theta + \theta_r)$ が数1を満たすことが好ましい。

反射界面で反射させた漏洩光が隣接するチャンネルのタップ用カブラへ進入する場合が

ある。そこで、隣接する溝で反射された漏洩光を一旦溝に取り込む第2の界面を設ける。そして、他のタップ用カブラへ進入しない角度で第3の界面から出射する。これにより、漏洩光が他のチャンネルのタップ用カブラに進入しにくい構造とすることができる。

【0013】

本発明に係る平面光導波回路では、前記溝は、前記溝内に入射した漏洩光の光強度を減衰させる遮光材を備えることが好ましい。

反射界面や入射界面から入射した漏洩光の光強度を減衰させることができる。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、光回路から漏れた漏洩光のタップ用カブラへの進入を防ぎ、タップ率の変動を低減することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

添付の図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。以下に説明する実施の形態は本発明の構成の例であり、本発明は、以下の実施の形態に制限されるものではない。

【0016】

図1は、本実施形態に係る平面光導波回路の構成概略図である。本実施形態に係る平面光導波回路は、基板11と、光回路としてのMZI12と、出力端13a及び13bと、タップ用カブラ14と、反射溝15と、を備え、MZI12及びタップ用カブラ14は、光導波路で接続されている。

【0017】

平面光導波回路は、例えば以下の工程で作製される。厚さ1mm、直径6inのシリコン基板上に石英系ガラスによって形成されるクラッド層及び埋め込み型コアを有する単モード光導波路を、SiCl₄やGeCl₄などの原料ガスの火炎加水分解反応を利用した石英系ガラス膜の堆積技術と反応性イオンエッチング技術の組み合わせにより作製し、薄膜ヒータ及び給電のための電極をクラッド層の表面上に真空蒸着及びパターン化によって作製した。作製した光導波路の通常のコア寸法は7μm×7μmであり、クラッド層との比屈折率差Δは0.75とした。

【0018】

出力端13a及び13bは、MZI12のコアを伝搬した光を出力する。タップ用カブラ14は、MZI12のコアを伝搬した光の分岐比を調整して、出力端13a及び13bから出力する信号レベルを調整する。タップ用カブラ14は、例えば、波長無依存カブラ(WINC: Wavelength Insensitive Coupler)である。出力端13a及び13bはそれぞれAWG及びPDに接続される。

【0019】

反射溝15は、MZI12とタップ用カブラ14の間を充填するクラッド層に、MZI12のコアからクラッド層へ漏れた漏洩光を反射する反射界面31を形成する。反射溝15とクラッド層の境界のうち、MZI12側に面する境界面が第1の界面である反射界面31となる。

【0020】

図2は、A-A'断面の一例である。基板23上にクラッド層22及びコア21が積層されている。反射溝15は、コア21よりも深い位置までクラッド層22が除去されることで形成されている。例えば、クラッド層22の高さHAが約60μm、基板23からコア21の中心までの高さHBが46μmであれば、反射溝15の深さHCは、52μmである。反射界面31は表面が滑らかであることが好ましい。そのため、クラッド層22の除去はドライエッチングで行うことが好ましい。

【0021】

図3は、反射溝の一例を示す模式図である。反射溝15が反射界面31を有し、反射界面31への漏洩光の入射角θは、反射界面31の臨界角以上となっている。例えば、反射界面31の法線に対するタップ用カブラ14の軸方向Dの角度θが反射界面31の臨界角

10

20

30

40

50

以上となっている。反射溝 15 とクラッド層の媒質が空気とガラスであれば屈折率はそれぞれ 1.00 と 1.46 であるので、スネルの法則より反射界面 31 の臨界角は 43° となる。そのため、反射界面 31 への入射角 θ が 43° 以上 90° 以下であれば、漏洩光は全反射し、タップ用カブラ 14 でのタップ率を変動させる漏洩光がタップ用カブラ 14 に入射することを防ぐことができる。

【0022】

図 4 は、平面光導波回路が複数チャンネルの MZI とタップ用カブラを備え、各チャンネルに反射溝を備えるときの光路の説明図である。この場合、反射した漏洩光が他の反射溝に入射し、光路が変わる場合がある。各々の反射溝 15a 及び 15b は、反射界面 31 と、第 2 の界面である方向 D に平行な入射界面 32 と、第 3 の界面である出射界面 33 と、を備える。方向 D に対する反射界面 31 と出射界面 33 の傾斜角は、それぞれ $(90^\circ - \theta)$ と $(90^\circ - \theta_r)$ とする。このとき、漏洩光が反射溝 15a の反射界面 31 に入射角 θ で入射される。他の反射溝 15b における反射界面 31 から反射された漏洩光は、反射溝 15b に備わる入射界面 32 に入射角 $\theta - (90^\circ - \theta)$ で入射される。入射界面 32 から反射溝 15b に入射した漏洩光は、反射溝 15b に備わる出射界面 33 からクラッド層に出射される。

【0023】

タップ用カブラに浅い角度で入射する漏洩光が問題になることから、方向 D に対する漏洩光の出射角 ϕ は、 45° 以上であることが好ましい。そのため、入射界面 32 が軸方向と略平行であり、出射界面 33 と反射界面 31 のなす角 $(\theta + \theta_r)$ が出射角 ϕ が 45° 以上である条件下における数 1 を満たすことが好ましい。漏洩光の方向 D に対する出射角 ϕ は、クラッド層の屈折率を n_1 、反射溝 15 の屈折率を n_2 とすると、次式で表される。

【数 1】

$$\phi = \theta_r - \arcsin \left(-\frac{n_2}{n_1} \cos \left(\arcsin \left(-\frac{n_1}{n_2} \cos 2\theta \right) + \theta_r \right) \right)$$

この式を用いて、入射角 θ 、角度 θ_r 及び出射角 ϕ の好ましい範囲を評価した。図 5 に、評価の一例を示す。入射角 θ は、反射界面で漏洩光が全反射する 43° 以上 90° 以下とした。例えば、入射角 θ 及び角度 θ_r が 60° とすれば、出射角 ϕ は 48.5° となるので、タップ用カブラへの影響を防ぐことができる。

【0024】

図 6 は、平面光導波回路が複数チャンネルの MZI とタップ用カブラを備え、各チャンネルに反射溝を備えるときの光路の具体例である。各反射溝 15 は、入射界面 32 がタップ用カブラの軸方向 D と略平行であり、入射界面 32 と反射界面 31 の角度が 30° であり、反射界面 31 と出射界面 33 の角度が 120° である。入射界面 32 を底辺、反射界面と出射界面を斜辺とする頂角が 120° の二等辺三角形とすることで、各反射溝 15 の反射界面 31 で反射される漏洩光が次のチャンネル以降のタップ用カブラに進入しない構成とすることができる。

【0025】

反射溝 15 は、漏洩光の光強度を減衰させる遮光材を備えることが好ましい。例えば、反射溝 15 に、シリコン樹脂を母材とし、遮光材として一般的に用いられているカーボンブラックを混合した材料で形成された部材を充填する。反射溝 15 が遮光材を備えることで、入射界面 32 から入射した漏洩光の光強度を減衰させることができる。また、反射界面 31 の臨界角以下で反射界面 31 に入射する漏洩光や、反射界面 31 の表面の粗さによって反射界面 31 で全反射されない漏洩光の光強度を減衰させることができる。

【0026】

本実施形態においては、MZIから漏れた漏洩光のタップ用カブラへの進入を防ぐ実施形態について説明したが、漏洩光が発生する光回路としては、MZIに制限されるものではなく、例えば、分岐結合器、波長合分波器、曲率の大きい光導波路等に対しても適用できる。漏洩光の進入が問題となる光回路も、タップ用カブラに制限されるものではない。

【実施例】

【0027】

図7は、本実施例に係る平面光導波回路の構成概略図である。実施例に係る平面光導波回路は、Nチャンネルの 2×1 TOS (Thermal Optical Switch)を備える。各チャンネルのTOSは、MZIにより構成される可変光減衰器 (VOA: Variable Optical Attenuator) 41とVOA 42を備える。VOA 42の後段に備わるタップ用カブラ43で信号レベルを調整し、光出力1及び光出力2を出力端13a及び13bから出力する。このときの光出力1と光出力2の比をタップ率として求めた。一方、比較例として図7に示す反射溝15がない場合におけるタップ率も求めた。

10

【0028】

図8は、反射溝15がない比較例のタップ率である。横軸はVOA 42の減衰量、縦軸は0 dBのタップ率からの変化量で表している。ここで、0 dBのタップ率は、VOA 42で減衰をかけなかったときの光出力1と光出力2の比である。チャンネル数Nは38で行い、異常データは省いている。

20

VOA 42の減衰量が増加するにつれ、タップ用カブラ43への漏洩光の影響によってタップ率の変化量が増加又は減少する。VOA 42の減衰が20 dBでプラス側に偏り、0 dBのタップ率からの変化量が $\pm 0.5\%$ を超えるチャンネルがあった。

【0029】

図9は、反射溝15がある実施例のタップ率である。チャンネル数Nは143で行い、異常データは省いている。VOA 42の減衰量が増加するにつれ、タップ用カブラ43への漏洩光の影響によってタップ率の変化量が増加又は減少するが、反射溝15を備えることにより、VOA 42の減衰が20 dBであっても、0 dBのタップ率からの変化量を $\pm 0.5\%$ 以内に低減することができた。

【産業上の利用可能性】

【0030】

本発明は、ROADMなどの光通信デバイスに用いることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】本実施形態に係る平面光導波回路の構成概略図である。

【図2】A - A'断面の一例である。

【図3】反射溝の一例を示す模式図である。

【図4】平面光導波回路が複数チャンネルのMZI及びタップ用カブラを備え、各チャンネルに反射溝を備えるときの光路の説明図である。

【図5】入射角 θ 、角度 θ_r 及び出射角 ϕ の評価の一例である。

【図6】平面光導波回路が複数チャンネルのMZI及びタップ用カブラを備え、各チャンネルに反射溝を備えるときの光路の具体例である。

40

【図7】本実施例に係る平面光導波回路の構成概略図である。

【図8】反射溝15がない比較例のタップ率である。

【図9】反射溝15がある実施例のタップ率である。

【図10】従来の平面光導波回路を搭載した光モジュールの一例を示すブロック図である。

【符号の説明】

【0032】

11 基板

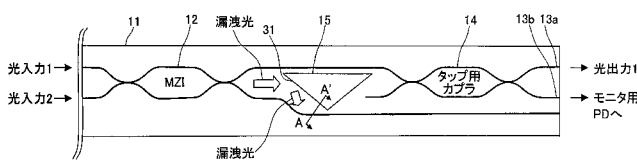
12 MZI

50

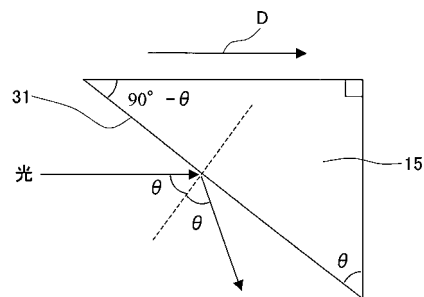
- 1 3 a、1 3 b 出力端
 1 4 タップ用カプラ
 1 5、1 5 a、1 5 b 反射溝
 2 1 コア
 2 2 クラッド層
 2 3 基板
 3 1 反射界面
 3 2 入射界面
 3 3 出射界面
 4 1 V O A 1
 4 2 V O A 2
 4 3 タップ用カプラ
 5 1 M Z I
 5 2 タップ用カプラ
 5 3 a、5 3 b 出力端

10

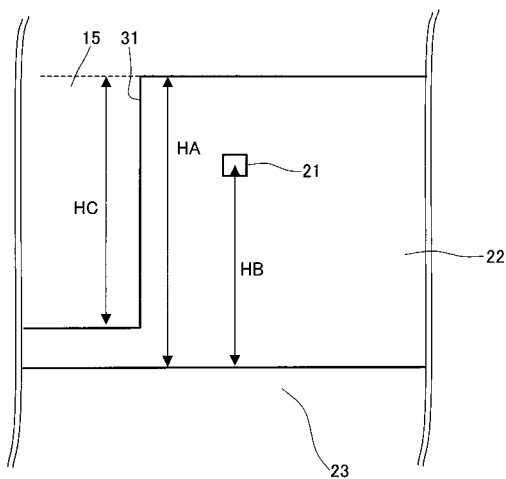
【図 1】



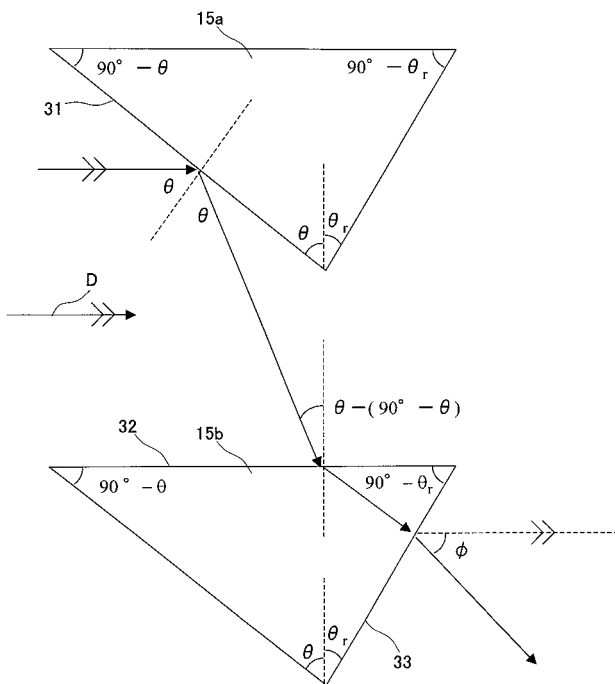
【図 3】



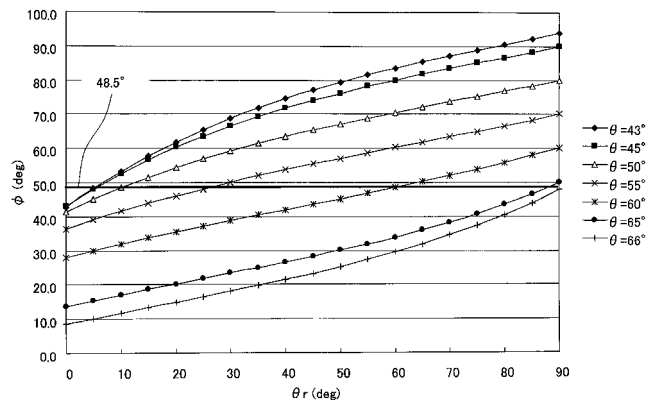
【図 2】



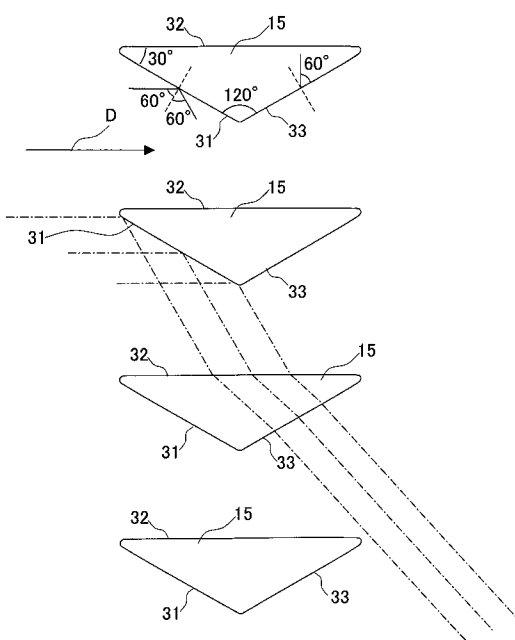
【図 4】



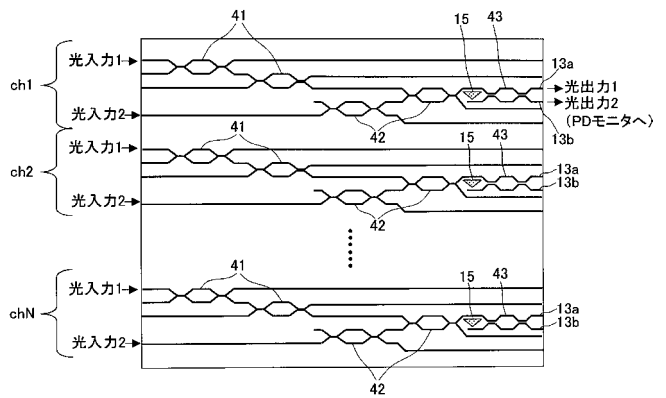
【図 5】



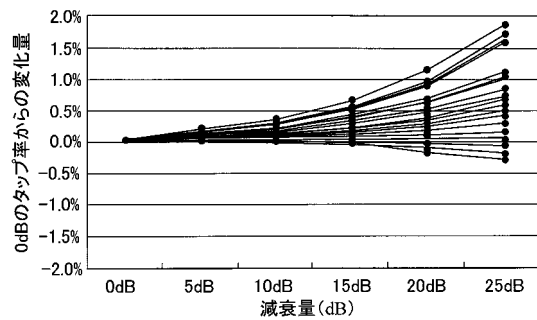
【図 6】



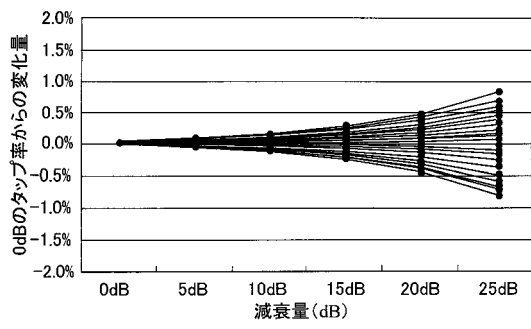
【図 7】



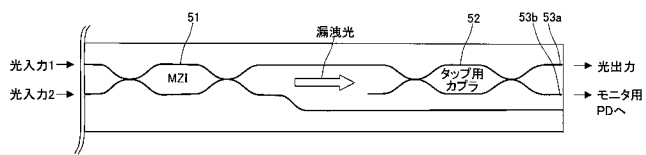
【図 8】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

- (72)発明者 奥野 将之
東京都渋谷区道玄坂一丁目１２番１号 ＮＴＴエレクトロニクス株式会社内
- (72)発明者 内藤 正彦
東京都渋谷区道玄坂一丁目１２番１号 ＮＴＴエレクトロニクス株式会社内
- (72)発明者 土居 明人
東京都渋谷区道玄坂一丁目１２番１号 ＮＴＴエレクトロニクス株式会社内
- (72)発明者 小川 大輔
東京都渋谷区道玄坂一丁目１２番１号 ＮＴＴエレクトロニクス株式会社内
- (72)発明者 永井 彰
東京都渋谷区道玄坂一丁目１２番１号 ＮＴＴエレクトロニクス株式会社内
- Fターム(参考) 2H147 BE01 BE11 BG06 CA13 CD01 EA13C EA14A EA14B FA21 FC03
FC05 GA25