

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年 9 月 16 日 (16.09.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/079429 A1

(51) 国際特許分類: G02B 26/02

(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/002712

(22) 国際出願日: 2004 年 3 月 4 日 (04.03.2004)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2003-057623 2003 年 3 月 4 日 (04.03.2003) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): エヌティエレクトロニクス株式会社 (NTT ELECTRONICS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1500043 東京都渋谷区道玄坂一丁目 1 2 番 1 号 Tokyo (JP). 株式会社ニコ

ン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内三丁目 2 番 3 号 Tokyo (JP).

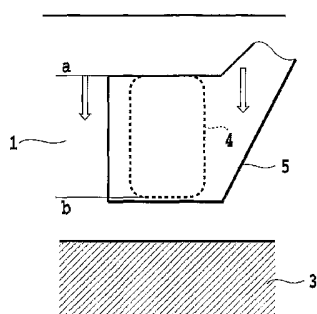
(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 車田 克彦 (KURUMADA, Katsuhiko) [JP/JP]; 〒1500043 東京都渋谷区道玄坂一丁目 1 2 番 1 号 エヌティエレクトロニクス株式会社内 Tokyo (JP). 金谷 正敏 (KANAYA, Masatoshi) [JP/JP]; 〒1500043 東京都渋谷区道玄坂一丁目 1 2 番 1 号 エヌティエレクトロニクス株式会社内 Tokyo (JP). 玉村 敏昭 (TAMAMURA, Toshiaki) [JP/JP]; 〒1500043 東京都渋谷区道玄坂一丁目 1 2 番 1 号 エヌティエレクトロニクス株式会社内 Tokyo (JP). 大森 保治 (OHMORI, Yasuji) [JP/JP]; 〒1500043 東京都渋谷区道玄坂一丁目 1 2 番 1 号 エヌティエレクトロニクス株式会社内 Tokyo (JP). 姫野 明 (HIMENO, Akira) [JP/JP]; 〒1500043 東京都渋谷区道玄坂一丁目 1 2 番 1 号 エヌティエレクト

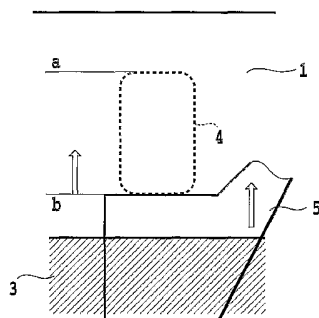
[続葉有]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR OPTICAL ATTENUATION CONTROL

(54) 発明の名称: 光減衰量制御のための方法および装置



A



B

(57) Abstract: A technique for reducing the polarization dependency of an optical attenuator which adjusts light quantity by movement of a shutter inserted in a slit in an optical waveguide. A shutter is moved (forward) so that the region of output light beam which passes without being subjected to the shielding of a shutter may enlarge in a direction from the side far from a base plate in a core region and toward the base plate. Further, reverse movement (backward movement) of the shutter reduces the output light beam region in a direction from the side near to the base plate in the core region and away therefrom. This makes it possible to reduce the polarization dependency of an optical attenuator. The same effect may also be obtained by forming a notch in a shoulder on one side far from the base plate of the shutter and moving the shutter in parallel with the base plate.

(57) 要約: 光導波路のスリットに挿入するシャッタの移動により光量を調整する光減衰装置の偏波依存性を低減する技術を開示する。シャッタの遮蔽を受けずに透過する出力光ビーム領域が、コア領域の基板に遠い側から基板に向けた方向に向かって拡大するように、シャッタを移動（往動）する。また、シャッタの逆方向の移動（復動）により、出力光ビーム領域が、コア領域の基板に近い側から遠い方向に向って縮小する。これにより光減衰装置における偏波依存性を低減することができる。シャッタの基板に遠い側の片側の肩部に切り欠き部を設けて、シャッタを基板に対して平行移動しても同様な効果が得られる。



ロニクス株式会社内 Tokyo (JP). 鈴木 美彦 (SUZUKI, Yoshihiko) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内三丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 石津 谷 徹 (ISHIZUYA, Tohru) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内三丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 赤川 圭一 (AKAGAWA, Keiichi) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内三丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 鈴木 純児 (SUZUKI, Junji) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内三丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 谷 義一 (TANI, Yoshikazu); 〒1070052 東京都港区赤坂二丁目 6 番 2 0 号 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT,

LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

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。

明 細 書

光減衰量制御のための方法および装置

5 技術分野

本発明は、光減衰量制御のための方法および装置に関し、特に光導波路のスリットにシャッタを挿入して光の減衰量を制御する光減衰装置における偏波依存性を低減する技術に関する。

10

背景技術

F I G. 6 Aは各種の光通信用ファイバに接続して光減衰機能や光遮断機能等を実現する従来の典型的な可変光減衰器の光導波路の断面構造を示す図である。この図において、1は光導波路のクラッド層、2は光導波路のコア、3は光導波路領域の下方に位置する基板を示す。また、5は光減衰量制御に用いるシャッタ、6はそのシャッタが出入りする溝または穴状のスリットを示す。光導波路のクラッド層1およびコア2の材料は石英であり、基板3の材料は通常S i単結晶である。

20 F I G. 6 BはF I G. 6 AのVIB仮想面から左を見たシャッタ5とスリット6を含む概観図であり、矢印はシャッタ6の運動方向の一般例を示している。F I G. 6 CはF I G. 6 AのVIC仮想面から左を見た概観図である。

F I Gs. 6 A-6 Cから分かるように、シャッタ5をスリット6内において光導波路の長手方向と略直角の矢印方向に移動させることで、クラッド層1と
25 コア2の一部、またはコア2とクラッド層1の全部を遮断し、これにより光導波路を通過する光の量（強度）を調整することができる。シャッタ5の運動は、シャッタ5を適当な公知のアクチュエータ（図示しない）につなぐ一般的な

方法で可能であり、この一般的な方法は例えば文献 1 に記載されている。

(文献 1 : M. Katayama et al, "Micromachined 2x2 Optical Switch Array by Stress-Induced Bending", Technical Digest Fourth International Topical Meeting on Contemporary Photonic Technologies (CTP 2001), p.27-28, M
5 c-4, Jan. 2001)

スリット 6 の形成は、半導体プロセスとして一般に用いられているエッチング処理によって可能であり、文献 2、または文献 3 に記載されている。

(文献 2 : 下川 他「低損失自己保持型マトリクススイッチの研究」NTT R & D, Vol.44, No.8,1995, p.684-688)

10 (文献 3 : 堀野 他「平面導波路を用いたマクロメカニカル光スイッチ」電子情報通信学会 C-1, Vol. J 82-C-1, No.6, p.335-341, 1996/6)

上述した F I G s. 6 A-6 C に示すような従来の可変減衰装置では、導波路に入射する光ビームの伝播損失が偏光面に依存する、偏波依存性がある。このような偏波依存性は光ファイバシステムの技術が高度化された光波長多重方式
15 などでは特に解決すべき課題となっており、偏波依存性の低減が求められている。

F I G. 7 は従来の可変減衰器を用いる場合の減衰量の偏波依存性を示している実験結果を示す図である。F I G. 7 において、縦軸は光の減衰量、横軸はミラー位置 (単位は任意) を表わし、実線と破線で示す曲線はミラー (上記
20 のシャッタ 5 に相等) 位置に対応する減衰量を導波路基板に平行な偏光成分 (TE ; 実線) と垂直な成分 (TM ; 破線) を其々プロットしたものである。

F I G. 7 に示す実験結果によると、光の減衰量が 0 ~ - 5 d B 程度の範囲では TE、TM に対して減衰量は等しいが、- 5 d B 以下の範囲で減衰量が大きくなるにつれて得られる減衰量は TE と TM とで異なる値となり、例えば矢
25 印で示す a 点のミラー位置では TE と TM の減衰量に 5 d B 近い差が生じている。F I G. 7 のミラー位置 K は、F I G s. 6 A-6 B で示すシャッタ 5 がコア 2 からスリット 6 内を伝播する光ビームのやや上方に位置している場合の位

置関係にある。F I G. 7 の a 点のミラー位置は、スリット 6 内を伝播する光ビームの大部分がミラーであるシャッタ 5 に遮られる位置関係にあり、このような位置関係の場合に、偏波依存性が特に大きくなっている。この偏波依存性が大きくなる原因としては、以下の 2 点が考えられる。

5 (1) 基板の高屈折率による問題

F I G. 8 は光導波路のコアを中心にした光ビームのエネルギー強度分布の典型例を示した図であり、横軸はコアの中心からの距離 (μm)、縦軸は正規化エネルギー強度を表わしている。条件としては、比屈折率差 $\Delta = 0.3\%$ 、コアの幅と高さが各 $3\mu\text{m}$ である。この事例でも示されるように、光ビームのエネルギー分布は略正規分布であり、光ビームの裾野はコアの外側まで広がっている。かかる分布の形状はコアの幅と高さのサイズが等しい場合、一次近似としては F I G. 8 のように上下左右に対称となる。

しかし、より詳細にみれば、光導波路 1, 2 を形成する石英系は比屈折率 1.45 であり、かかるコア 2 の下方には比屈折率 3.4 の S i 基板 3 があり、
15 一方コア 2 の上方は比屈折率 1 の空間、あるいはスリット 6 内に満たされる石英と同等の屈折率 1.45 を持つ屈折率整合液 (図示しない) がある。

このように基板の屈折率が最も高い上下非対称の系においては、以下の述べるように偏波依存性の課題がある。すなわち、光ビームを感じる (即ち、光ビームの広がり域の) 屈折率分布はコアの下方、すなわち基板に近い領域でコア
20 の上方の領域よりも高くなり、その結果、光ビームの強度分布は F I G. 6 C に破線で示すように、コア 2 を中心にして上下対称ではなくコアの下方の S i 基板 3 側に引きずられた型となる。換言すれば、光ビームの強度分布はコアの下側により大きく裾野が広がる形状となり、基板 3 の影響をより受けることになる。

25 さらに、別の表現をすれば、光の電磁波は、その裾野の末端部分が基板側に浸透した状態で伝搬する。さらにかかる状態では、基板側への浸透の深さが偏波の状態によって異なり、かつ S i 基板と光導波路を形成する石英には本来光

の伝搬損失の違いがあるために、光ビームの偏波面が異なる場合には、基板の影響に違いが生じて伝搬損失が異なることになる。いわば、基板効果によって偏波依存性の問題が生じていることになる。かかる問題は、光減衰装置の偏波依存性をさらに改善する場合に無視できない要因になることが本願研究者らの

5 研究により判明した。

ここで、光ビームの空間的な広がり立ち入ってみると、光ビームはコアの周囲の上下左右にわたって広がりを持つために、光ビームの上方の領域ほど、上述した基板効果による伝搬損失の偏波依存性は減少する。

ところが、これまで説明した従来装置のシャッタの運動では、F I G. 6 B

10 に示すように、基板効果を被りやすい光ビームの下側を光ビームの透過領域にしている。F I G. 6 Bはこれまで説明した従来装置におけるシャッタの運動位置を示している。シャッタ 5 が導波路のスリット 6 に挿入される際に、シャッタ 5 は光導波路の上方から基板 3 に向かって降下して、そのシャッタ 5 の下端が光ビームを遮断することによって、伝搬する光ビームの光量の減衰動作を

15 行っている。

F I G. 6 Bでは下向きの矢印で示すシャッタ 5 の動作方向は、減衰量の増加する方向にあり、この運動の終点はF I G. 6 Bに示すシャッタ 5 による光ビームの完全遮断状態である。シャッタ 5 は完全遮断状態よりも更に降下することなく、そのあと上昇する方向に動作して完全遮断状態から所望の減衰状態

20 を作り出す。

(2) 反りによる問題

上述の高屈折率の基板効果の問題は、コアの下側のクラッドをより厚くすれば低減される。しかし、石英導波路の厚さには反りの問題から限度がある。さらに、石英導波路の厚さが例え限度内の厚さであっても、反りによる原理的問

25 題に起因する偏波依存性が存在することを以下に述べる。

まず、光導波路を製作する通常のサイズである 4 インチ系の S i 基板に通常の $45\ \mu\text{m}$ 程度よりも厚く石英を堆積すると、基板の S i 結晶と光導波路の石

英の熱膨張率の違いによる反りが $100\mu\text{m}$ を超えるまで顕著となり、他のプロセスに障害を与える問題が起こり始める。反りによるプロセス上の障害の代表例には、反りの増加による光導波路の微細パターンの形成の精度劣化がある。また、その反りは基板の厚さを大きくするほど大きくなり、基板が大型化するほど顕在化するので、今後さらに重要な問題となる。また、この問題はSi基板の場合に限らず、熱膨張率が石英より大きい材質を基板とする場合にも起こり得る。

さらに、上記のプロセス上の問題に加えて、基板+石英層の全体系の反りの大きさにかかわらず、石英層自体の反りに対応して生じている光導波路の内部応力にも注意を払い、この内部応力を少しでも低減する必要があることが分かってきた。この内部応力は基板との界面に平行な方向のみに生じているために、光導波路の屈折率に異方性が生ずる。この屈折率の異方性の存在は、光の偏波面の違いによって伝搬損失が変わることになり、光導波路が偏波依存性を持つ原因となる。

FIG. 9はSi単結晶基板3とその上に堆積された石英光導波路14を含む素子の状態を示す断面図である。基板ウェーハ3上に 1000°C 以上で石英層14を堆積し、常温まで降温したSi-石英の2層構成の系では、上述したようにSi単結晶の熱膨張率が石英の熱膨張率よりも小さい。よって、堆積後の温度低下による体積縮小の程度は、Si基板3側が石英側14よりも大きくなる。その結果、FIG. 9に示すように、石英側14を上にした場合、上に凸の方向で反りが生ずる。また、各2層の厚さについては、Si基板3の厚さは4インチ系で通常 $300\mu\text{m}$ 以上あり、これに対して石英層14の厚さは上述のように最大 $45\mu\text{m}$ 程度以下となるために、常温では薄い石英層14は部厚いSi基板側3から強い圧縮応力を受けた状態にある。さらに、上に凸の形に変形し、Si基板界面の圧縮応力を受けているFIG. 9に示される断面の形状における石英の表面の線分と、基板界面の線分との長さの比較から明らかに、石英層14の内部の応力歪の量はSi基板3との界面で最も大きく

、石英層 1 4 の上方ほど低い。

換言すれば、石英層 1 4 内部の応力歪は基板 3 側から遠いほど緩和されるので、上述の応力歪によって引き起こされる伝搬光損失の偏波依存性問題は基板 3 側から遠いほど軽減されることになる。尚、この問題は S i 基板の場合に限らず、熱膨張率が石英よりも大きい材質を基板とする場合にも同様に生じる問題である。

従って、F I G. 6 B に示した従来装置におけるシャッタと光ビームとの相対位置関係では、偏波依存性が相対的に強くなる光ビームの下側を透過領域に用いているという欠点が生じている。

10 以上の説明を要約すると、光導波路における、(1) 屈折率による基板効果、
(2) 反りによる屈折率の異方性は、光導波路を伝搬する光ビームの偏波依存性の問題を引き起こし、さらに上記 (1) および (2) のいずれの場合も、偏波依存性は光ビームの上方の成分ほど緩和する方向にある。これに対し、従来装置におけるスリット内の光ビームを遮断するシャッタの運動では、光ビーム
15 の下方の成分を透過光に用いている為に、光導波路内を伝搬する光ビームの広がりのうち、偏波依存を被り易い成分を透過出力光ビームに用いている、という解決すべき課題がある。

発明の開示

20

本発明の目的は、従来技術の上述のような課題を解決し、光導波路のスリットに挿入するシャッタを有する光減衰装置における偏波依存性を低減することのできる光減衰量制御方法および光減衰量制御装置を提供することにある。

上記目的を達成するため、本発明の光減衰量制御方法は、基板 (3) 上に形成された光導波路 (1 4) の途中にこの導波路を横断するスリット (6) を設け、このスリットの内壁に面する入力側導波路コア (2) からスリット内に入射した光ビームを、スリット内に挿入して往復移動可能なシャッタ (5) によ

25

って少なくとも部分的に遮断することにより、入力側導波路コア（２）に対面する出力側導波路コア（２）に導く光量を調整制御する光減衰量制御方法であって、シャッタ（５）の遮蔽を受けずに透過する出力光ビーム領域が、コア領域の基板（３）に遠い側からその基板に向けた方向に拡大するようにシャッタ

5 （５）を移動することを特徴とする。

上記方法の構成において、好ましい一態様では、上記シャッタ（５）を基板（３）の方向に向って移動するにつれて、そのシャッタの遮蔽を受けずに透過する出力光ビーム領域は、コア領域の基板に遠い側から基板に向けた方向に向かって拡大する。

10 また、好ましい別の態様では、上記シャッタ（５）の基板（３）に遠い側の片側の肩部に切り欠き部（５１）を設け、そのシャッタを基板に対して平行移動するにつれて、シャッタの遮蔽を受けずに透過する出力光ビーム領域が、コア領域の基板に遠い側から基板に向けた方向に向かって拡大する。

上記目的を達成するため、本発明の光減衰量制御装置は、基板（３）上に形成された光導波路（１４）の途中にこの導波路を横断するスリット（６）を設け、このスリットの内壁に面する入力側導波路コア（２）からスリット内に入射した光ビームを、該スリット内に挿入して往復移動可能なシャッタ（５）によって少なくとも部分的に遮断することにより、入力側導波路コア（２）に対面する出力側導波路コア（２）に導く光量を調整制御する光減衰量制御装置であって、シャッタ（５）の遮蔽を受けずに透過する出力光ビーム領域が、コア領域の基板（３）に遠い側からその基板に向けた方向に拡大するようにシャッタ（５）を移動するシャッタ移動手段（１０，１１，１６～１９）を有することを特徴とする。

上記装置の構成において、好ましい一態様では、上シャッタ（５）の遮蔽を受けずに透過する出力光ビーム領域が、コア領域の基板（３）に遠い側からその基板に向けた方向に向かって拡大するように、上記シャッタ移動手段はシャッタ（５）を基板（３）の方向に向って移動する。

また、好ましい別の態様では、上記シャッタ（５）の基板（３）に遠い側の片側の肩部に切り欠き部（５１）を設け、そのシャッタの遮蔽を受けずに透過する出力光ビーム領域が、コア領域の基板（３）に遠い側からその基板に向けた方向に向かって拡大するように、上記シャッタ移動手段はきり欠き部（５１）を有するシャッタ（５）を基板（３）に対して平行移動する。

また、好ましいさらに別の態様では、上前シャッタ移動手段は、基板（３）と反対側の光導波路（１４）の表面と所定の空間を挟んで対向する搭載用基板（１１）上に脚部（１７）が固定された片持ち梁構造の可動梁（１８）を有し、この可動梁（１８）の先端にシャッタ（５）が取り付けられている。

10 本発明は、上述のように、シャッタの移動につれて、シャッタの遮蔽を受けずに透過する出力光ビーム領域が、コア領域の基板に遠い側から基板に向けた方向に拡大するようにシャッタ機構を構成したので、光導波路のスリットに挿入するシャッタの移動により光量を調整する光減衰装置における偏波依存性を低減することができる。

15

図面の簡単な説明

F I G． １ Aは本発明を適用した可変光減衰装置の構成を模式的に描いた概略断面図である。

20 F I G． １ Bは本発明を適用した可変光減衰装置の構成を模式的に描いた概略平面図である。

F I G． ２は本発明の動作原理を示し、F I G s． １ A－１ Bのシャッタ５の運動面における断面図である。

25 F I G． ３はシャッタと光ビームの相対位置と透過光出力との関係を示す特性図であって、同図中のⅠ，Ⅱの領域は従来装置の特性を示し，Ⅲ，Ⅳの領域は本発明装置の特性を示す。

F I G． ４ Aは本発明の一実施形態における上下運動シャッタと光ビームと

の相対位置関係を示す模式図であって、F I G. 3のa位置に相応する位置にいるシャッタで光ビームを完全に遮断しているときの状態を示す図である。

F I G. 4 Bは本発明の一実施形態における上下運動シャッタと光ビームとの相対位置関係を示す模式図であって、F I G. 3のb位置に相応する位置に
5 いるシャッタで光ビームを全開放しているときの状態を示す図である。

F I G. 5 Aは本発明の他の実施形態における水平運動シャッタと光ビームの相対位置関係を示す一模式図であって、F I G. 4 Aに対応する図である。

F I G. 5 Bは本発明の他の実施形態における水平運動シャッタと光ビームの相対位置関係を示す模式図であって、F I G. 4 Bに対応する図である。

10 F I G. 6 Aは各種の光通信用ファイバに接続して光減衰機能や光遮断機能等を実現する従来の可変光減衰器の光導波路の断面構造を示す断面図である。

F I G. 6 BはF I G. 6 Aに示すVIB面から左を見たスリットの側面図である。

15 F I G. 6 CはF I G. 6 Aに示すVIC面から左を見たスリットの側面図である。

F I G. 7は従来の可変減衰器を用いる場合の減衰量の偏波依存性を示している実験結果を示す特性図である。

F I G. 8は光導波路のコアを中心にした光ビームのエネルギー強度分布の一例を示す特性図である。

20 F I G. 9はS i単結晶基板とその上に堆積された石英光導波路を含む断面構造を示す断面図である。

発明を実施するための最良の形態

25 以下、図面を参照して本発明の実施形態を詳細に説明する。

(第1の実施形態)

F I G s. 1 A - 1 Bは本発明を適用した光減衰装置の構成を模式的に描い

た概略図であって、FIG. 1Aはその縦断面図であり、FIG. 1Bはその平面図である。FIGs. 1A-1Bにおいて、10はアクチュエータ、11はそのアクチュエータを搭載する搭載用基板、12は光導波体である。光導波路基板3上に形成された光導波路14は搭載用基板11と対面するように紙面
5 下側に向いてスペーサ15を介して搭載用基板11上方に設置されている。また、搭載用基板11の裏面側には後述する目的でX方向に磁界を発生させる磁石16が設置されている。

光導波路14には、FIG. 1Bに示すように、入力光を導く光導波路コア2と減衰後の出射光を導く光導波路コア2が溝（スリット）6を隔てて対向して配置され、その溝6内にミラー5が進入・退避することにより伝搬光を減衰
10 させることが可能となっている。

アクチュエータ10は、搭載用基板11に固定された端部17から同図のX方向に延びる板状の梁18と、その先端にミラー（シャッタ）5を有し、全体として片持ち梁構造の可動体を構成している。梁18には、平面図のFIG.
15 1Bで示す配線パターン19による電流路が形成され、この電流路に電流が流れると、同図のY方向に沿う電流路に流れる電流成分と磁石16によるX方向の磁界成分の積に比例したローレンツ力が同図のZ方向に作用する。

従って、例えばアクチュエータ10に電流を流さない状態で、梁18の先端部のミラー5が、FIG. 1Aに示すように、片持ち梁18のバネ力によって
20 伝搬光を遮らない位置で静止状態を保持すると想定すると、アクチュエータ10の配線パターン19の電流路に電流を供給することで、Z方向にローレンツ力を発生させて片持ち梁18のバネ力に抗してミラー5をZ方向に移動させ、ローレンツ力と片持ち梁18のバネ力が釣り合う別の所望の位置にミラー5を静止させることが出来る。

25 ミラー5の静止位置は電流路に供給する電流値を変化させることで所望の位置に設定可能であり、上記の例では電流値を大きくすればするほど、ミラー5の静止位置は下方に移動し、この結果、伝播光の遮蔽量は増加する。即ち、ア

クチュエータ 10 に供給する電流値によって光導波路 14 の伝播光の減衰値を設定する構成になっている。

ここで、本発明の重要な点は、溝 6 内を伝搬する伝播光を断面でみた場合に、遮蔽領域を光導波路基板 3 側に位置させるようにすることである。この点を

5 以下に詳述する。

F I G. 2 は本発明の動作原理を示しており、シャッタ（上記のミラー） 5 の運動面における位置関係を示す断面図である。ここで、破線で示す 4 は光ビームの広がり域を示す。シャッタ 5 による光ビームの完全遮断状態はシャッタ 5 の上面が、光ビームの広がり域 4 の上端部に当る図面中の a 位置にある時に
10 生ずる。a 位置から下方の a' 位置へのシャッタ 5 の移動によって光ビームの透過が始まる。透過光は光ビームの上方成分である（即ち、基板 3 側でない）ことから、光ビームの下方成分を透過する、これまで議論した従来装置よりも偏波依存性が改善される。

この明細書において、シャッタ 5 の中心位置とコア 2 の中心位置との距離を
15 シャッタ・コア間の相対位置と定義して、このシャッタ・コア間の相対位置を横軸とし、透過光量を縦軸とした出力光量の実験図を F I G. 3 に示す。F I G. 3 では、横軸のシャッタ・コア間相対位置によってこのシャッタ 5 の移動領域が I, II, III, IV の 4 領域に区分されている。第 I 領域は、従来例の F I G. 6 B において、シャッタ 5 の下端が上（基板 3 の反対側）から降下して
20 光ビームを上方から遮断する運動が、F I G. 3 においては第 I 領域を左から右に実線上で移動することに対応する。第 II の領域における実線上での左から右への移動するにつれて透過光は、光ビームの下方（基板 3 側）の成分が増え、下方の成分が増えるに従って偏波依存性が強まり、透過光量は偏波によって図中の破線 e から実線 f に挟まれた範囲で変化することを示している。従来の
25 装置のシャッタは第 I 領域と第 II 領域で動作している。

F I G s. 4 A - 4 B に示す本発明による装置では、シャッタ 5 をさらに下方（基板 3 側）に移動させることにより、シャッタ 5 の上端からの光ビームの

成分を透過光として制御することに特徴があり、かかるシャッタ 5 の相対位置は F I G. 3 の第 III 、 IV 領域の特性として示される。

F I G. 4 A は F I G. 3 の第 III 領域の左端からのシャッタ動作に対応する。つまり、F I G. 4 A はコア 2 を囲む光ビームの広がり域 4 をアクチュエータ 10 の片持ち梁 18 の先端に取り付けたシャッタ（ミラー）5 が完全に塞いでいるので、光は透過しない。この状態は、F I G. 3 の第 III 領域の左端の a 位置になる。この状態から、アクチュエータ 10 の配線パターン 19 に一定電流を供給すると、ローレンツ力が発生し、片持ち梁 18 のバネ力に抗してミラー 5 が同図中の矢印で示す下方、即ち基板 3 に向って移動する。これにより、光ビームの広がり域 4 からシャッタ 5 が降りて行き、出力光量が徐々に増加する。第 III 領域の a' 位置はシャッタ 5 が光ビームの広がり域 4 を半分ほど塞いでいる時（シャッタ半開）である。第 III 領域ではシャッタ 5 の上端からの光ビームの成分を透過光として制御しているので、第 II 領域に破線 e で示した偏波依存性の問題が改善される。

F I G. 4 B は F I G. 3 の第 IV 領域の動作の完了点（b 位置）に対応している。動作の完了点、すなわちシャッタ全開の状態に近い動作領域では光ビームの下方の成分も混じるが、上方の成分のエネルギー強度が十分に強いので下方の偏波依存性を持つ成分は相対的に無視出来るまでに僅かである。F I G. 4 B の矢印は、シャッタ 5 の戻り方向を示している。制御装置またはシャッタ駆動装置（図示しない）により、シャッタ 5 は所望の出力光量が得られる位置まで動かされ停止する。

F I G. 4 B の状態において、シャッタ 5 は光ビームの広がり域 4 の下側に位置する必要がある。この場合、シャッタ 5 が移動するためのスリット（F I G. 6 A の符号 6 を参照）の深さは、光ビームの広がり域 4 の下端までの深さとシャッタ 5 の高さ分（上下の広がり）を合わせた深さ以上となる必要がある。

ところで、F I G. 3 において、第 III + IV 領域の特性は、第 I + II 領域と

大方のところ対称であるが、しかしより正確には、従来例のFIG. 6Cに示したように、光ビームの中心がコア2の中心よりも下方にずれているので、FIG. 3の特性は左右対称となり得ない。

(第2の実施形態)

- 5 本発明のシャッタ動作は導波路面に垂直な方向に限らない。例えば、FIGs. 5A-5Bに示す様な上部に切り欠き部51を有するシャッタ5を用いれば、導波路面に平行なシャッタ動作により、遮蔽領域を基板3側に位置させることが可能である。シャッタ5の上部の切り欠き部51は、最初に光ビームの上方成分を透過出力に用いるためのものである。
- 10 FIGs. 5A-5Bはシャッタ5の運動方向が導波路面に平行の場合の実施形態を示しており、FIG. 5Aの矢印は、シャッタ5の進行方向を示しており、FIG. 5Bの矢印は、シャッタ5の戻り方向を示している。FIG. 4AおよびFIG. 4Bのシャッタ位置は、FIG. 5AおよびFIG. 5Bのシャッタ位置に相当する。FIGs. 5A-5Bの実施形態においても、光
- 15 ビームの上方成分を透過出力に用いていることから、FIGs. 4A-4Bの実施形態と同様に、FIG. 3の第III+IV領域の特性を実現できる。

(他の実施形態)

- 20 なお、本発明の好適な実施形態を例示して説明したが、本発明の実施形態は上記例示に限定されるものではなく、各請求項に記載の範囲内であれば、その構成部材等の置換、変更、追加、個数の増減、形状の変更等の各種変形は、全て本発明の実施形態に含まれる。例えば、上述の実施形態では、ローレンツ力を可変光減衰器におけるアクチュエータの駆動力とした構成を例示したが、本発明の駆動手段はローレンツ力に限定されない。例えば、静電力駆動でも良い。
- 25 また、上述の実施形態では片持ち梁を利用したアクチュエータを例示したが、他の形態の各種アクチュエータも適用可能である。シャッタもミラーとは限らず、光を吸収する遮蔽板でもよい。

請求の範囲

1. 基板上に形成された光導波路の途中に該導波路を横断するスリットを設け、該スリット内壁に面する入力側導波路コアから該スリット内に入射した光
5 ビームを、該スリット内に挿入して往復移動可能なシャッタによって少なくとも部分的に遮断することにより、前記入力側導波路コアに対面する出力側導波路コアに導く光量を調整制御する光減衰量制御方法において、

前記シャッタの遮蔽を受けずに透過する出力光ビーム領域が、前記コア領域の前記基板に遠い側から前記基板に向けた方向に向かって拡大するように、該
10 シャッタを移動することを特徴とする光減衰量制御方法。

2. 前記シャッタを前記基板方向に向って移動するにつれて、前記シャッタの遮蔽を受けずに透過する出力光ビーム領域が、前記コア領域の前記基板に遠い側から前記基板に向けた方向に向かって拡大することを特徴とする請求項 1
15 に記載の光減衰量制御方法。

3. 前記シャッタの前記基板に遠い側の片側の肩部に切り欠き部を設け、該シャッタを前記基板に対して平行移動するにつれて、前記シャッタの遮蔽を受けずに透過する出力光ビーム領域が、前記コア領域の前記基板に遠い側から前
20 記基板に向けた方向に向かって拡大することを特徴とする請求項 1 に記載の光減衰量制御方法。

4. 基板上に形成された光導波路の途中に該導波路を横断するスリットを設け、該スリット内壁に面する入力側導波路コアから該スリット内に入射した光
25 ビームを、該スリット内に挿入して往復移動可能なシャッタによって少なくとも部分的に遮断することにより、前記入力側導波路コアに対面する出力側導波路コアに導く光量を調整制御する光減衰量制御装置において、

前記シャッタの遮蔽を受けずに透過する出力光ビーム領域が、前記コア領域の前記基板に遠い側から前記基板に向けた方向に向かって拡大するように、該シャッタを移動するシャッタ移動手段を有することを特徴とする光減衰量制御装置。

5

5. 前記シャッタの遮蔽を受けずに透過する出力光ビーム領域が、前記コア領域の前記基板に遠い側から前記基板に向けた方向に向かって拡大するように、前記シャッタ移動手段は前記シャッタを前記基板方向に向って移動することを特徴とする請求項4に記載の光減衰量制御装置。

10

6. 前記シャッタの前記基板に遠い側の片側の肩部に切り欠き部を設け、前記シャッタの遮蔽を受けずに透過する出力光ビーム領域が、前記コア領域の前記基板に遠い側から前記基板に向けた方向に向かって拡大するように、前記シャッタ移動手段は前記切り欠き部を有するシャッタを前記基板に対して平行移動することを特徴とする請求項4に記載の光減衰量制御装置。

15

7. 前記シャッタ移動手段は、前記基板と反対側の前記光導波路の表面と所定の空間を挟んで対向する搭載用基板上に脚部が固定された片持ち梁構造の可動梁を有し、該可動梁の先端に前記シャッタが取り付けられていることを特徴とする請求項5に記載の光減衰量制御装置。

20

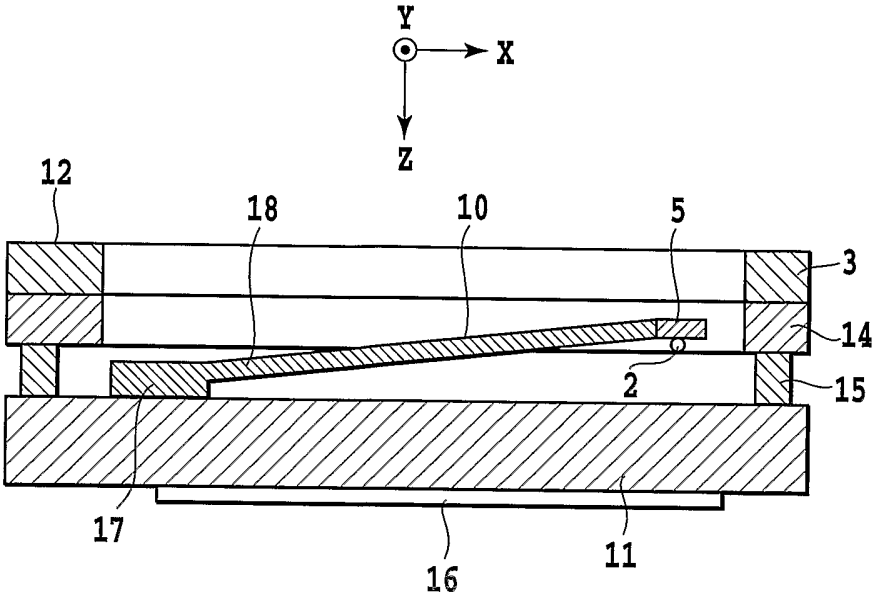


FIG. 1A

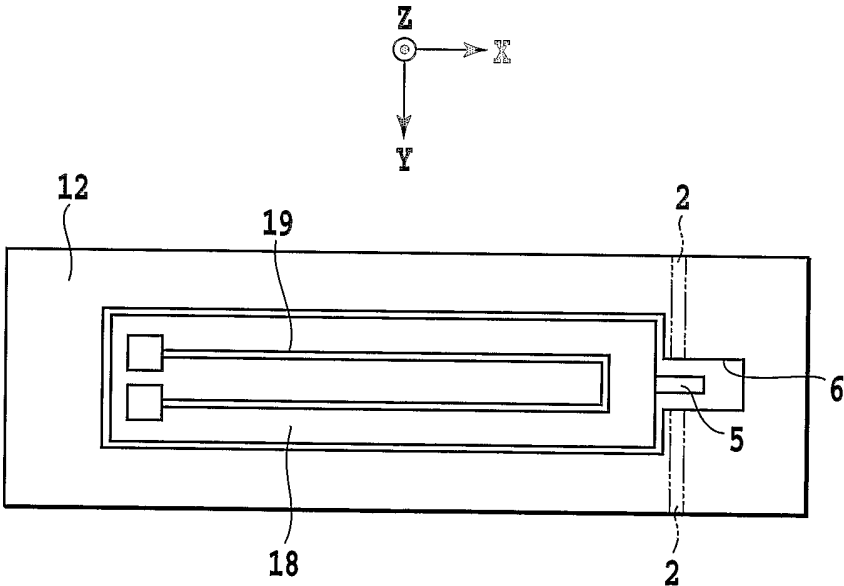


FIG. 1B

2/9

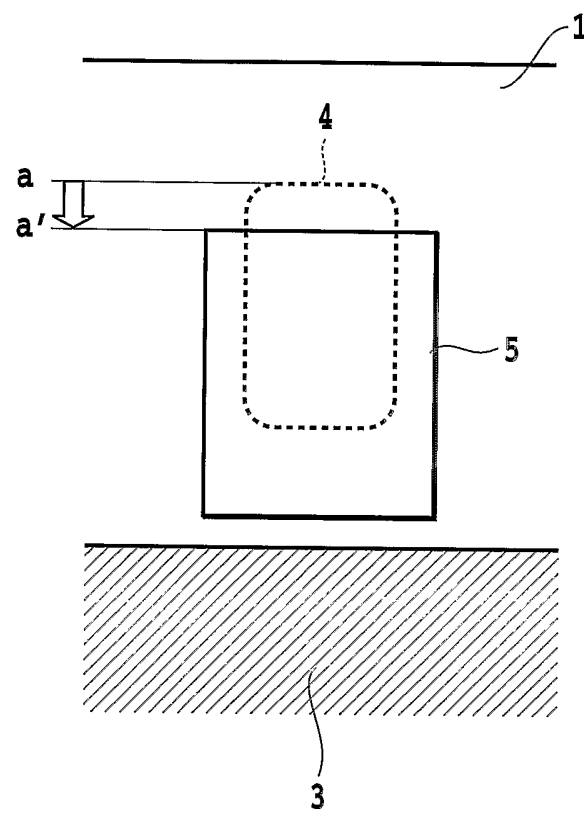


FIG.2

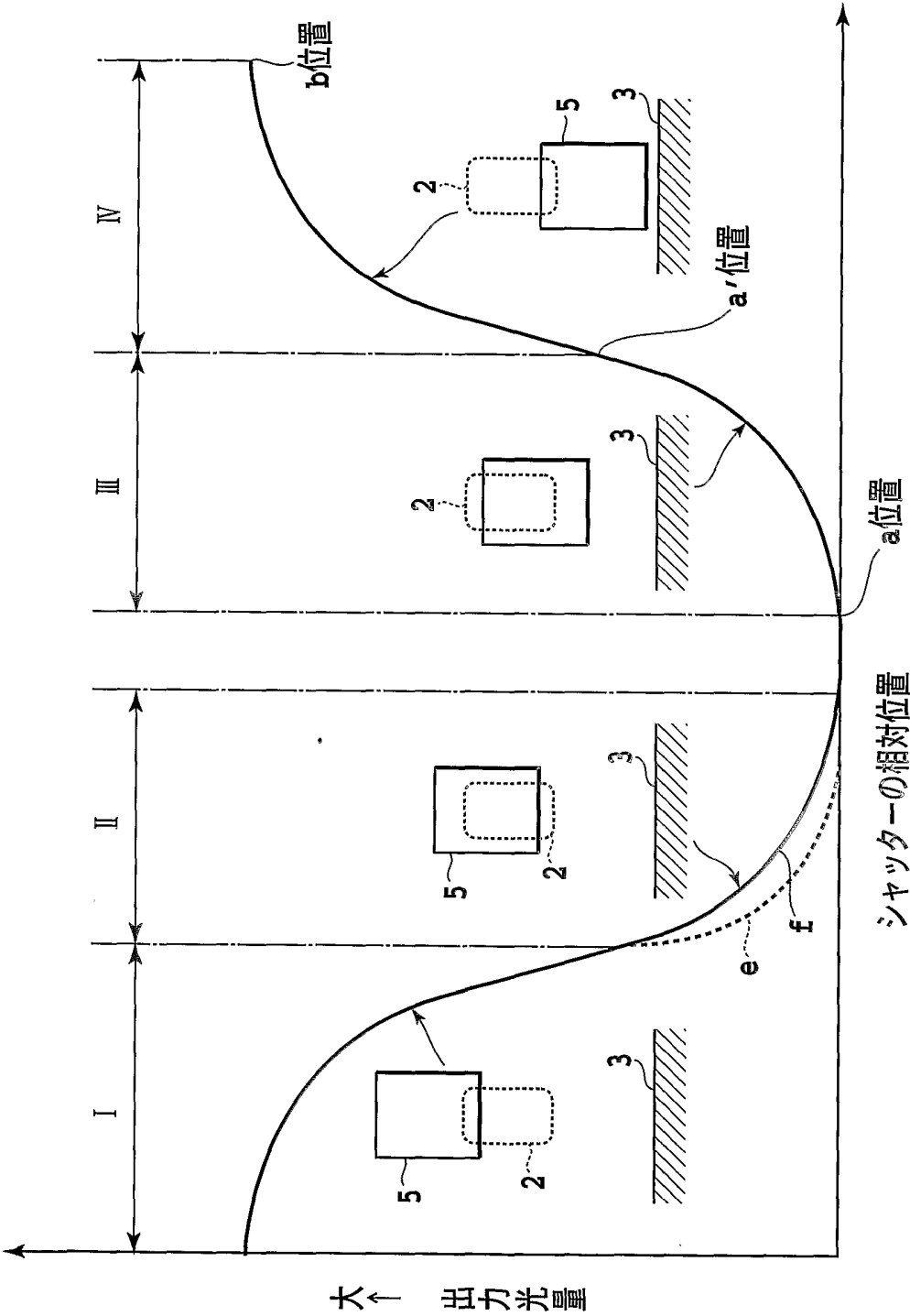


FIG.3

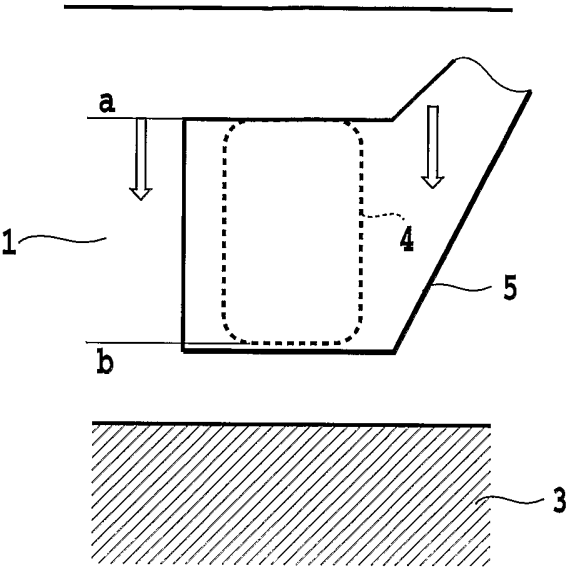


FIG. 4A

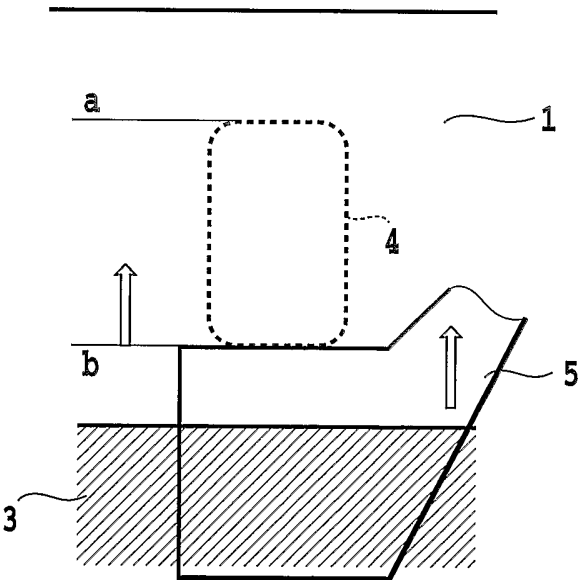


FIG. 4B

5/9

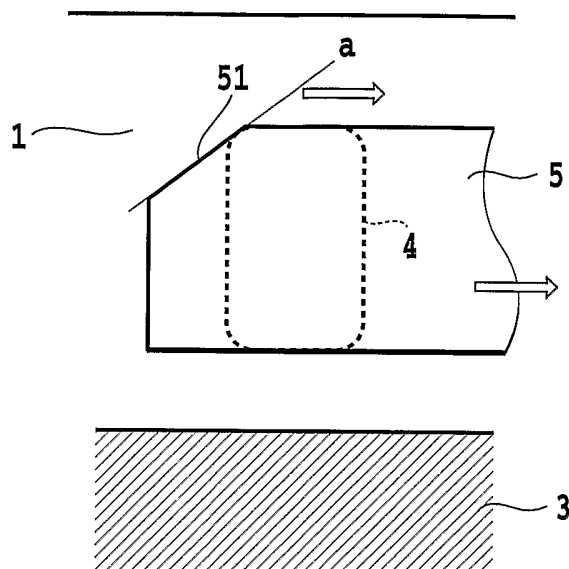


FIG.5A

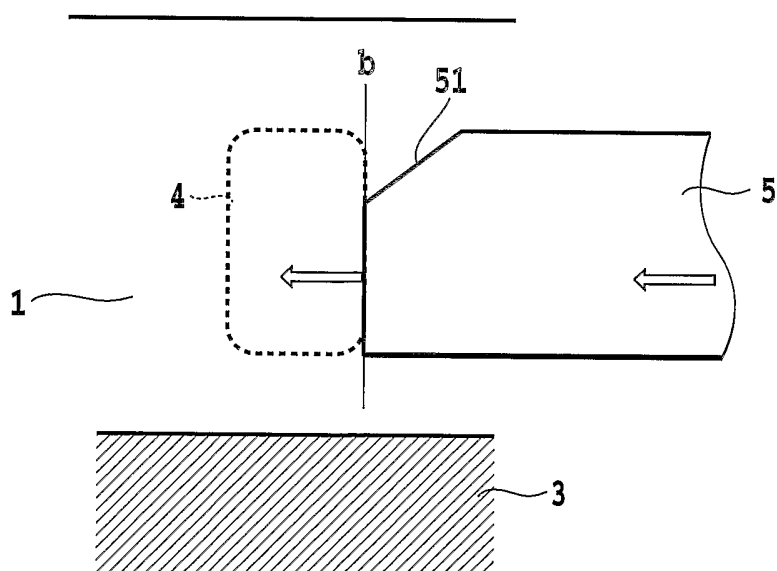


FIG.5B

FIG.6A

従来技術

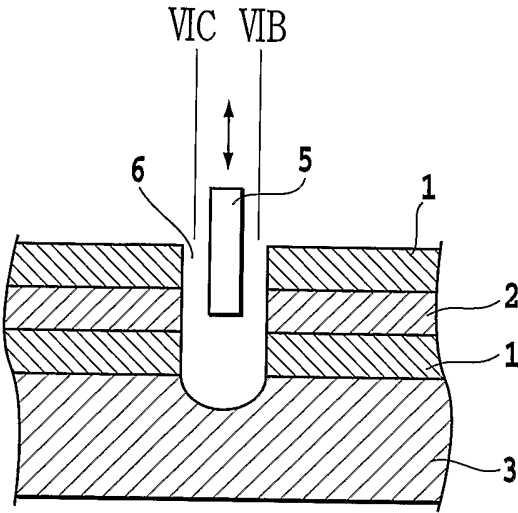


FIG.6B

従来技術

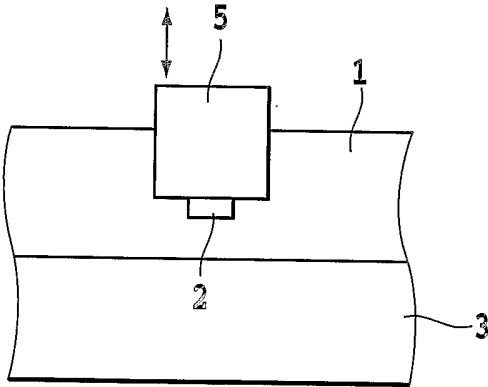
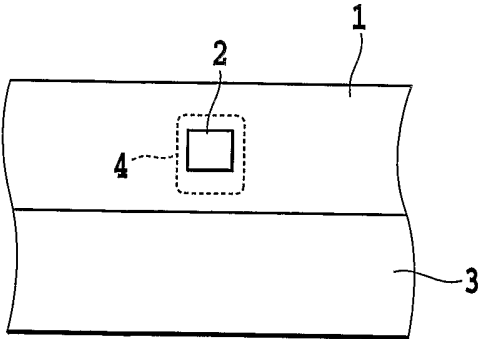
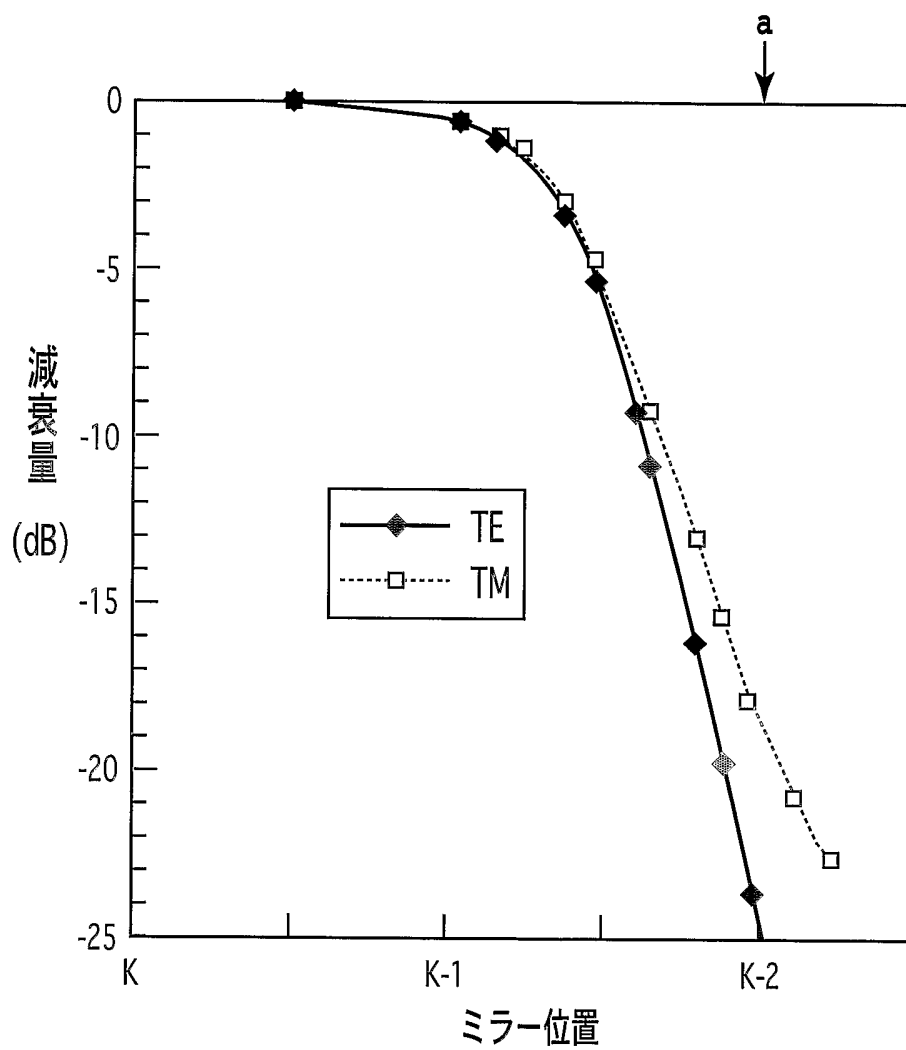


FIG.6C

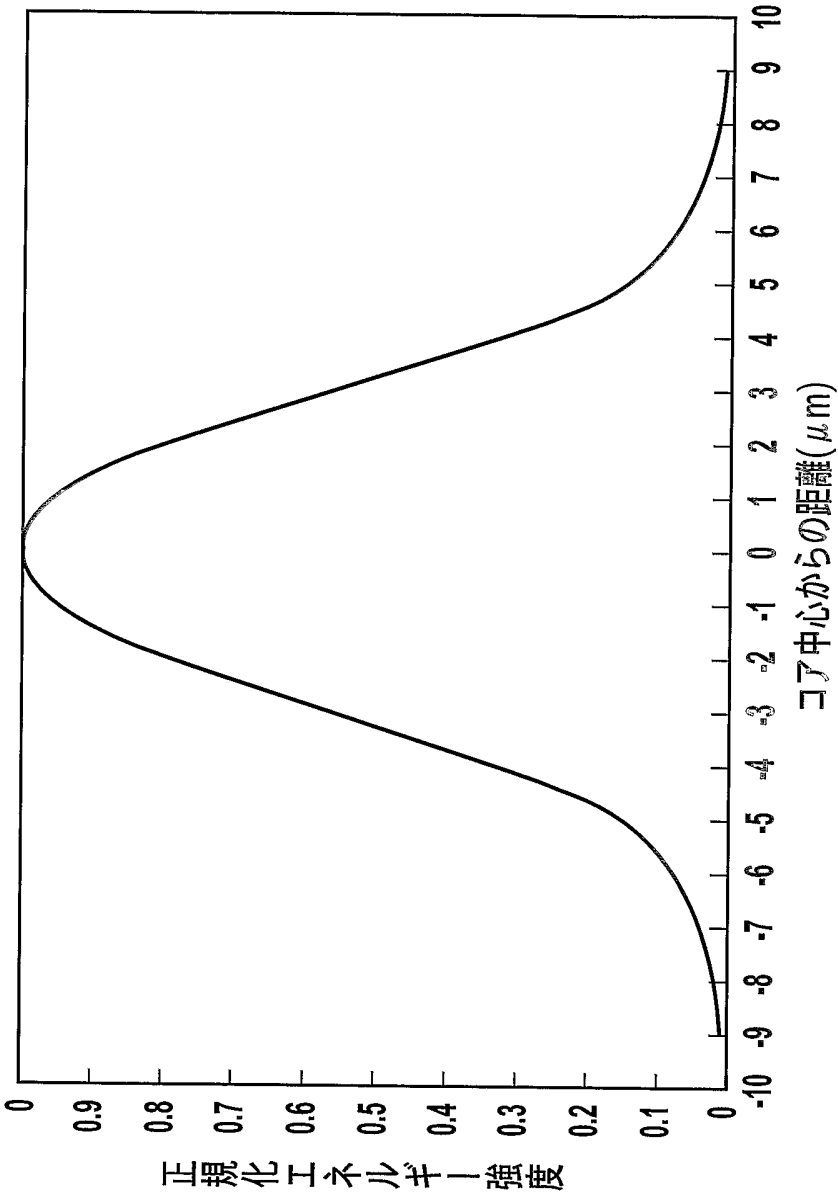
従来技術



7/9

**FIG.7**

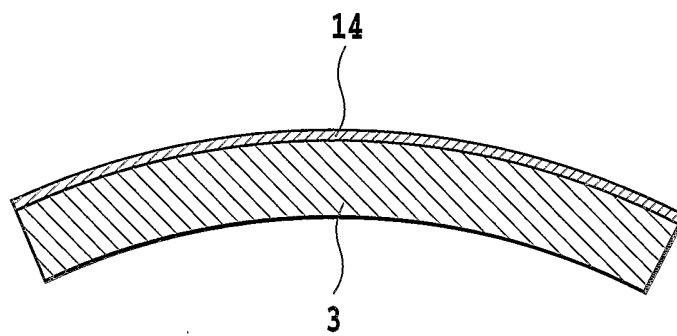
従来技術



従来技術

FIG.8

9/9



従来技術

FIG.9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/002712

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G02B26/02

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.Cl⁷ G02B26/02, G02B6/12

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

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 A	JP 01-094915 U (Matsushita Electric Works, Ltd.), 22 June, 1989 (22.06.89), Page 10, line 12 to page 11, line 7; Fig. 3 (Family: none)	1, 2, 4, 5 3, 6, 7
A	JP 06-148540 A (Texas Instruments Inc.), 27 May, 1994 (27.05.94), Full text; Figs. 1 to 7 & EP 0510629 A & US 5226099 A	1-7
A	JP 62-247322 A (The Furukawa Electric Co., Ltd.), 28 October, 1987 (28.10.87), Page 2, upper right column, line 19 to lower left column, line 4; Fig. 3 (Family: none)	1, 2, 4, 5

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 May, 2004 (13.05.04)

Date of mailing of the international search report

01 June, 2004 (01.06.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/002712

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-107639 A (Seiko Instruments Inc.), 10 April, 2002 (10.04.02), Par. Nos. [0074] to [0077]; Figs. 7 to 8 & US 2002/0048073 A1	3, 6
E, A	WO 03/038505 A1 (NTT Electronics Kabushiki Kaisha), 08 May, 2003 (08.05.03), Full text; Figs. 1 to 5 (Family: none)	1-7

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G02B26/02

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 G02B26/02, G02B6/12

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2004年

日本国登録実用新案公報 1994-2004年

日本国実用新案登録公報 1996-2004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 A	J P 01-094915 U (松下電工株式会社) 1989. 06. 22, 第10頁12行~第11頁7行, 第3図 (ファミリーなし)	1, 2, 4, 5 3, 6, 7
A	J P 06-148540 A (テキサスインスツルメンツインコーポレイテッド) 1994. 05. 27, 全文, 第1-7図 & E P 0510629. A, & U S 5226099 A	1-7
A	J P 62-247322 A (古河電機工業株式会社) 1987. 10. 28, 第2頁右上欄19行~左下欄4行, 第1-	1, 2, 4, 5

☒ 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

13. 05. 2004

国際調査報告の発送日

01. 6. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

東 治 企

2 X

9708

電話番号 03-3581-1101 内線 3293

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
	3 図 (ファミリーなし)	
A	JP 2002-107639 A (セイコーインスツルメンツ株式会社) 2002. 04. 10, 段落【0074】～【0077】, 第7-8図 &US 2002/0048073 A1	3, 6
EA	WO 03/038505 A1 (エヌティティエレクトロニクス株式会社) 2003. 05. 08, 全文, 第1-15図	1-7