

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年 10 月 7 日 (07.10.2004)

PCT

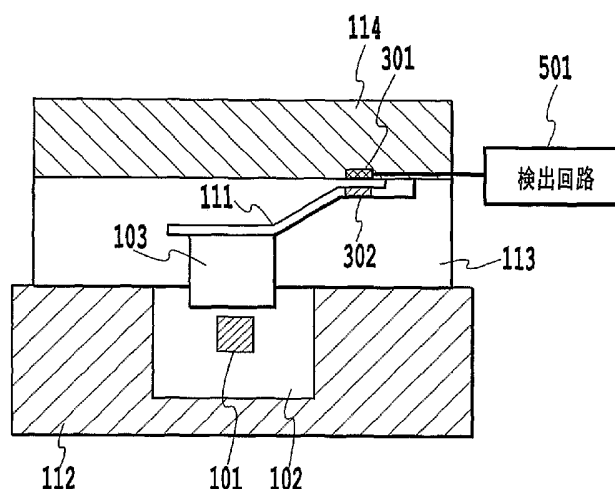
(10) 国際公開番号
WO 2004/086119 A1

- (51) 国際特許分類⁷: G02B 26/02
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/003867
- (22) 国際出願日: 2004 年 3 月 22 日 (22.03.2004)
- (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2003-088753 2003 年 3 月 27 日 (27.03.2003) 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 1 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 3 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 1 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 1 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 1 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). 鈴木 美彦 (SUZUKI, Yoshihiko) [JP/JP];

/ 続葉有 /

(54) Title: VARIABLE OPTICAL ATTENUATOR

(54) 発明の名称: 可変光減衰器



501...DETECTING CIRCUIT

(57) **Abstract:** A variable optical attenuator in which problems related to temperature is wiped off principally and attenuation of a light beam passing through an optical waveguide can be controlled to constant regardless of temperature variation. A positional variation detecting mechanism for detecting the inserting position of an inserting plate into the core of the waveguide is provided and the position of the inserting plate is subjected to drive control depending on the position of the inserting plate detected by the positional variation detecting mechanism. Based on a variation in the electrical capacity or the reactance between an electrode provided in the inserting plate driving mechanism and an electrode provided on an inserting plate driving mechanism supporting board or a waveguide holding board, a detecting circuit detects the inserting position of the inserting plate into a slit. Based on the detected position, a feedback control circuit performs drive control of the inserting plate driving mechanism such that the inserting plate is moved to a position where attenuation of the light beam becomes constant.

(57) 要約: 温度に関する問題を原理的に払拭し、温度変動に影響されずに光導波路を透過する光ビーム減衰量を一定に制御することができる可変光減衰器を提供する。挿入板の光導波路のコアへの挿入位置を検出する位置変化検出機構を設け、この位置変化検出機構により検出した挿入板の検出位

/ 続葉有 /



WO 2004/086119 A1



〒1008331 東京都千代田区丸の内3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3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3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3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2丁目6-20 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。

置に応じて、挿入板の位置を駆動制御する。挿入板駆動機構に設けた電極と挿入板駆動機構支持基板または導波
路保持基板に設けた電極との間の電気容量変化、あるいはリアクタンス変化に基いて、挿入板のスリット内への挿
入位置を検出回路で検出する。その検出位置に基づいて挿入板を光ビーム減衰量が一定になる位置に移動するよう
に、挿入板駆動機構を駆動制御する帰還回路を備える。

明 細 書

可変光減衰器

5 技術分野

本発明は、光通信システムに使用する可変光減衰器 (variable optical attenuator) に関し、より詳細には、光導波路(optical waveguide)中に形成したスリット内に出し入れする挿入板(insertion plate)の挿入位置を検出する検出機構を備えた可変光減衰器に関する。

10

背景技術

近年、光通信システムにおいては、光波長多重通信(optical wavelength multiplexing communication)が盛んに使われており、そのために平面型アレイ光導波回路(planar arrayed waveguide circuit)を使用して波長の合波ならびに分波が行われることが多い。この回路を使用した場合、合波する前の各波長間の入力強度を揃えたり、分波した後の出力強度を揃えたりするいわゆるイコライジング(等化: equalizing)機能に可変光減衰器が使われている。可変光減衰装置は、微小電気機械システム(Micro Electro Mechanical System: MEMS)技術を用いて光導波路に対して取り付けた微小ミラーを、その光導波路中に形成したスリット内
15 に出し入れするという構成により、光導波路を伝搬する光ビームの透過光量を調節することができる。

FIGs. 7~9は、MEMS技術を用いた従来の光ビーム可変減衰調整装置(optical beam variable attenuation regulator)の構成例を示す。FIG. 7は、光ビーム可変減衰調整装置の平面図である。FIG. 8は光導波路の軸方向のFIG. 7のⅧ-Ⅷ線から見た光ビーム可変減衰調整装置の縦断面図、FIG. 9は
25 光導波路の軸に垂直なFIG. 7のⅨ-Ⅸ線から見た光ビーム可変減衰調整装置の縦断面図である。

F I G s . 7 ~ 9 に示すように、導波路支持基板 (insertion plate supporting board; 第 1 の基板とも称する) 1 1 2 の上面に光導波路 (コア) 1 0 1 が形成され、その光導波路の途中にスリット 1 0 2 がその光導波路を横切る形態で形成されている。

5 一方、F I G . 8, F I G . 9 に示すように、挿入板支持基板 (第 2 の基板とも称する) 1 1 4 に取り付けられた挿入板駆動機構 (insertion plate driving mechanism) 1 1 1 の先端部分に挿入板 1 0 3 が固定されて保持されており、その挿入板 1 0 3 は、挿入板駆動機構 1 1 1 の作動によりスリット 1 0 2 内に抜き差し
10 の収納部 (空間部 ; space segment) であり、1 1 5 は挿入板支持基板 1 1 4 を導波路支持基板 1 1 2 に対して支える支柱である。

挿入板 1 0 3 の駆動機構としては、F I G . 9 に示すように、例えばストレス誘導カーリング (stress induction curling) により予め反り状態 (warping condition) にある挿入板駆動機構 1 1 1 を、その一端部が挿入板駆動機構支持基板
15 1 1 4 に固定され、その他端部が自由端となる片持ち梁 (cantilever) の構造とし、この片持ち梁に電圧を供給して、挿入板 1 0 3 と導波路支持基板 1 1 2 との間で静電気力を発生させることで、挿入板 1 0 3 をスリット 1 0 2 内へ移動する構成のものなどが知られている (米国特許第 6, 1 9 5, 4 7 8 号公報の F I G . 8、明細書 7 段 2 5 行 ~ 8 段 2 6 行を参照)。

20 ところで、上記の MEMS 技術を用いた挿入板をスリット内に挿入するタイプの光ビーム可変減衰調整装置においては、光導波路 1 0 1 に入射する光を挿入板 1 0 3 が遮蔽することにより透過光の減衰量を調整するため、光導波路 1 0 1 と挿入板 1 0 3 の相対位置が透過光出力の大小を決定する。一定の減衰量を得るには、光導波路 1 0 1 と挿入板 1 0 3 の位置を一定にする必要がある。

25 しかしながら、上述したストレス誘導カーリングにより予め反り状態にある挿入板駆動機構 1 1 1 においては、温度変化による反り状態の変動により、透過光出力が一定にならないことになる。もちろん、ストレス誘導カーリングの反り状態の温

度変化による変動は、挿入板駆動機構 1 1 1 の作り方で変わる。すなわち、あらかじめ反り状態を極力減らすようにして挿入板駆動機構 1 1 1 を形成すれば、温度変化による反り状態の変動を低減することはできるが、反りの量を極力低減し、かつその反りの量を常に一定の範囲以内に維持する為の製作プロセスの制御・再現性の維持には、厳密なプロセス制御を必要とし、その結果、大幅なコスト増を伴うという解決すべき大きな課題がある。

例えば、光ビーム可変減衰装置においては、一般に、光減衰の程度を 0 デシベルから 30 デシベルへ、すなわち約千分の 1 程度の変化を必要とする。挿入板で導波路を遮蔽して減衰効果を得る本発明が対象とする光ビーム可変減衰装置においては、説明の簡単のために、導波路のコア径を 10 ミクロンとし、光減衰量が 10 デシベルとした場合に、温度による光ビーム減衰量変動を 1 度あたり 0.1 デシベルにするには、挿入板の位置を 1 度あたり 0.1 ミクロンの変動に抑える必要がある。上記のストレス誘導カーリングによる反り状態を利用する挿入板駆動機構の場合には、その挿入板駆動機構の腕の長さによっても異なるが、大抵は 1 度あたり 1 ミクロン程度であり、1 度あたり 0.1 ミクロン以内に温度による変動を抑えるためにはきわめて厳密なプロセス制御が必要となり、この厳密なプロセス制御は製造工程管理上の難題となる。

そこで、上記の難題を回避する方法として、光ビーム可変減衰装置の温度を制御して、上述のような温度による光ビーム減衰量の変動を抑えることが一般に行われる。同一の温度計測条件で温度を厳密に制御して、一度あたり 0.1 ミクロン以内に変動を抑えるには、少なくとも ± 0.05 度の温度制御が必要になる。しかし、このような温度制御は、高級な温度制御に属し、コスト上昇の要因となり、簡便に利用できるものではない。

しかも、挿入板駆動機構の反り量を決める温度要因は、環境温度のみならず駆動機構自身の微妙な発熱もあり、そのため環境温度の制御のみだけで挿入板位置を制御することの制御性に関しては、外乱が多くなるという課題も付け加わる。

また、光ビーム可変減衰装置において、温度補償を行うには、当該可変減衰装置

の温度をあらかじめ複数の代表的温度で測定して、温度と挿入板駆動機構の反り量の関係を与えておき、動作時の実際の温度計測値の変動に対する挿入板位置の温度補償を行うことが一般に行われる。この一般例を、FIG. 10に示す。FIG. 10に示す光ビーム可変減衰装置には、温度検出回路201と温度対位置変換制御回路202とが組み込まれている。この場合、上記のような温度計測の条件、ならびに前述した温度対そり量の関係をあらかじめ与える際の計測の温度条件を同一にすることが必要となる。加えて、温度の計測を2度行う際には、誤差が2重化すること等、手順の複雑化によって誤差が増大するという難点を伴う。

また、光ビーム可変減衰装置では通常多チャンネルに適用される。この場合、各チャンネルの光ビーム可変減衰装置の間に生ずる発熱によって生ずる熱流が、隣接チャンネルの挿入板に与える温度変動を、前述のあらかじめ与える温度対そり量の関係式に含めることは、関係式の多変数化によって手順の複雑さ、条件の複雑化さによって現実的には不可能な方法になるという課題を含んでいる為に、チャンネル間の発熱の相互干渉による変動は無視せざるを得ないという点がある。

15

発明の開示

本発明は、従来技術の上述のような点に鑑みてなされたもので、その目的は、上述のような主に温度に関する課題を原理的に払拭する特徴を持つ新規な温度補償方式を採用した可変光減衰器を提供することにある。

上記目的を達成するために、本発明は、光導波路(101)を横断するスリット(102)内に挿入板(103)を抜き差しすることにより光導波路中を伝播する光ビームの少なくとも一部を遮断してその透過光量を調整する可変光減衰器において、光導波路とスリットが形成された第1の基板(first board)(112)と、挿入板を保持してその挿入板をスリット内で移動させる挿入板駆動機構(111)と、挿入板がスリット内に抜き差し可能なように第1の基板に所定の間隙をおいて対向して配置され、かつ挿入板駆動機構が取り付けられた第2の基板(second board)(114)とを有し、かつ挿入板の光導波路への挿入位置を検出する位置検

20
25

出機構（３０１、３０２、４０１、４０２、５０１、５０３、５０４）を有することを特徴とする。

可変光減衰器は、位置検出機構の出力に応じて挿入板の光導波路への挿入位置が一定になるように制御するための、位置検出機構と挿入板駆動機構とを結ぶ帰還回路（５０２）を更に有することができる。

位置検出機構は、第２の基板（１１４）上または第１の基板上に設けられた電極（３０１、４０１）と挿入板駆動機構（１１１）上に設けられた電極（３０２、４０２）との間のリアクタンス変化または電気容量変化を用いて電極間距離を検知することにより挿入板（１０３）の光導波路（１０１）への挿入位置を検出することができる。

また、位置検出機構は、挿入板駆動機構（１１１）の近傍に配置されて、挿入板駆動機構と同一形状で同一特性の位置検出用部材（５０３）を含んでいて、第２の基板（１１４）上または第１の基板上に設けられた電極（３０１、４０１）と位置検出用部材（５０３）上に設けられた電極（５０４）との間のリアクタンス変化または電気容量変化を用いて、電極間距離を検知することにより挿入板（１０３）の光導波路（１０１）への挿入位置を検出することができる。

挿入板駆動機構（１１１）は、好ましくは、その一端を第２の基板（１１４）に固定し、他方の自由端に挿入板（１０３）を取り付けた片持ち梁状部材であり、電磁力または静電力により駆動する。

光導波路コアの挿入板による遮蔽位置、すなわち挿入板と光導波路コアとの相対位置を温度変動にかかわらず一定に制御する手法として、予め与えた温度と反り量の関係を用いて、検知した温度に対して反り程度を所定の量に制御する手法が従来技術として知られる。これに対し、本発明では、上記のように、挿入板の光導波路のコアへの挿入位置を検出する位置変化検出機構を設け、この位置変化検出機構により検出した挿入板の検出位置に応じて、挿入板の位置を駆動制御するように構成しているので、主に温度変化により生じる挿入板駆動機構と光導波路支持基板との相対位置変動を、温度を計測することなしに直接検出することができ、読み取っ

た相対位置変化を制御することで、温度変動に影響されずに、光導波路を透過する光ビーム減衰量を常に一定に制御することができる。

さらに、本発明は、上記のように、挿入板駆動機構に設けた電極と挿入板駆動機構支持基板あるいは導波路保持基板に設けた電極との間の電気容量変化、あるいはリアクタンス変化に基いて、挿入板のスリット内への挿入位置を検出し、その検出位置に基づいて挿入板を光ビーム減衰量が一定になる位置に移動するように挿入板駆動機構を駆動制御する帰還回路を備えているので、光ビーム減衰量を一定にすることができ、かつ装置の温度制御をすることも、あるいは温度測定をすることもなく、従来装置と比べて、比較的簡潔な構成で、かつ廉価に、温度変動に左右されない光ビーム可変減衰調整装置を実現することができる。

図面の簡単な説明

FIG. 1は、本発明の第1の実施形態の光ビーム可変減衰調整装置の構成を示す平面図である。

FIG. 2は、FIG. 1のII-II線に沿う光ビーム可変減衰調整装置の断面構造を示す断面図である。

FIG. 3は、本発明の第2の実施形態の光ビーム可変減衰調整装置の構成を示す平面図である。

FIG. 4は、FIG. 3のIV-IV線に沿う光ビーム可変減衰調整装置の断面構造を示す断面図である。

FIG. 5は、本発明の第1または第2の実施形態の構成に位置制御回路を付加し、帰還回路を形成した一例を示す模式図である。

FIG. 6は、本発明の第3の実施形態の光ビーム可変減衰調整装置の構成を示す図で、別置きタイプの位置検出装置を備えた光ビーム減衰装置に位置補正用制御回路を付加した一例を示す模式図である。

FIG. 7は、MEMS技術を用いた従来の光ビーム可変減衰調整装置の構成例を示す平面図である。

F I G. 8は、F I G. 7のⅧ－Ⅷ線に沿う従来の光ビーム可変減衰調整装置の断面構造を示す断面図である。

F I G. 9は、F I G. 7のⅨ－Ⅸ線に沿う従来の光ビーム可変減衰調整装置の断面構造を示す断面図である。

- 5 F I G. 10は、従来の光ビーム可変減衰調整装置に従来の温度補償回路を付加した構成を示す模式図である。

発明を実施するための最良の形態

- 以下に、図面を参照して本発明を実施するための好ましい形態を詳細に説明する
10 。

第1の実施形態

- F I G. 1およびF I G. 2は、本発明の第1の実施形態における光ビーム可変減衰装置の構成を示し、F I G. 1はこの装置の平面図、F I G. 2は、F I G. 1のⅡ－Ⅱにおける断面図である。なお、F I G. 1の導波路に沿う断面構造は前述したF I G. 8と略同様なので、その図示は省略する。
15

- F I G. 1に示すように、本実施形態の光ビーム可変減衰装置は、導波路支持基板112上に光導波路コア101を備え、光導波路コア101の端部が入射側光ファイバー105および透過側光ファイバー106に接続されている。また、光導波路コア101のほぼ中央部には光導波路を横断するようにスリット102が形成されている。なお、F I G. 1においては、図面を分かりやすくするため、挿入板駆動機構支持基板114の図示は省略されている。
20

- さらに、F I G. 2に示すように、導波路支持基板112の上面に予め決められた間隔を開けて作られた挿入板駆動機構収容部（insertion plate driving mechanism housing; 空間部）113を介して、挿入板駆動機構支持基板114が導波路支持基板112に対向して配置されており、挿入板103は、この挿入板駆動機構支持基板114に支持された挿入板駆動機構（アクチュエータともいう）1
25

11によって支持されている。

なお、光ビームの広がり域はコア部分だけでなく、その近傍のクラスタ部分にも広がっているので、この光ビームの広がり域を考慮して挿入板103の大きさが設定される。また、挿入板103として例えば微小ミラーを用いることができる。

5 片持ち梁構成の挿入板駆動機構111は、その上方側の一端が挿入板駆動機構支持基板114に固定され、もう一端の自由端がストレス誘導カーリングによって持ち上がっており、電磁力（ローレンツ力）あるいは静電力によって上下するようになっている。その自由端の下面側に挿入板（シャッタともいう）103が固定されており、自由端の上下動によって挿入板103は対向しているスリット102内で
10 抜き差しが行われる。光ファイバーコア108から入射して光導波路コア101に導かれた光ビームの一部を挿入板103により遮蔽されることにより透過光量の減衰動作が行われる。ここで、光ビームの減衰量は、当然のことながら導波路コア101と挿入板103の相対位置によってのみ決まる。

以下に説明するように、挿入板103と導波路コア101の相対位置を検出することのできる光ビーム可変減衰装置を構成すれば、温度変動の大きな挿入板駆動機構を抱いた装置においても、その相対位置検出データを用いて帰還制御をすることにより、光ビーム減衰量の制御において従来の温度検出に基く温度補償と同等の効果を得ることができる。

FIG. 2に示すように、挿入板103と導波路コア101の相対位置を検出するため、挿入板103の位置を移動させる挿入板駆動機構111上の固定端の近傍に一方の電極302を配置し、挿入板駆動機構支持基板114上の対向位置に他方の電極301を配置し、これら一対の電極301と302の間の電気容量を測定することによって、挿入板駆動機構111と挿入板駆動機構支持基板114間の距離（間隙）の変化を検出することのできる位置変化検出回路501を備えている。

20 その位置変化検出回路501によって検出できる上記の間隙と、ある一定の比率で上下動する挿入板駆動機構111の先端部に保持された挿入板103と、基本的に定位置にある光導波路のコア101との相対位置の関係は一定になるので、位置

変化検出回路 501 により挿入板 103 と光導波路コア 101 の相対位置を検出することができる。実際には、挿入板 103 の相対位置検出を次のようにして構成し、実験した。

まず、挿入板駆動機構 111 の腕の途中に曲がり部を設け、導波路コア 101 に
5 位置する挿入板 103 の上下移動を 10 ミクロンとしたとき、電極 301 および電極 302 の位置で挿入板駆動機構 111 の腕が 0.2 ミクロン程度移動するように、その腕の長さとその腕の強度分布および電極位置を調整し、かつ電極面積を電極 301 および電極 302 とともに 0.04 平方ミリメートルとした。このとき、挿入板駆動機構 111 の温度係数は 1 ミクロン/℃であった。このような構成において
10 、挿入板 103 が挿入板駆動機構支持基板 114 に一番近づいたときの電気容量と、この状態から挿入板 103 が 10 ミクロンだけ駆動機構支持基板 114 から離れたときの電気容量との差を測定したところ、45 ピコファラッドの変化を得ることができた。この結果、電気容量と挿入板の移動の比は、0.2 ミクロン/ピコファラッドになるため、上記温度係数であれば 1 ピコファラッドあたり 0.2℃の検出
15 と同等の効果を得ることができる。

したがって、FIG. 2 に示すような構成であれば、温度測定が不要となって簡単に挿入板 103 の位置検出をすることができ、しかも複数の挿入板の各位置に対しても同様に位置検出ができるので、本発明による位置変化検出回路 501 は、多チャンネルの光ビーム可変減衰装置用の位置検出装置として好都合であるといえ
20 る。

第 2 の実施形態

次に、FIG. 3 および FIG. 4 を用いて本発明の第 2 の実施形態を説明する。

FIG. 8 および FIG. 9 に示したような構成の光ビーム可変減衰装置においては、挿入板 103 と導波路コア 101 の相対位置を直接捉えることがより好ましい。そのため、FIG. 3 および FIG. 4 に示す本発明の第 2 の実施形態では、
25

挿入板駆動機構 1 1 1 上の電極 4 0 2 を挿入板 1 0 3 の極近くに配置し、この電極 4 0 2 と対向する他方の電極 4 0 1 を導波路支持基板 1 1 2 上のスリット 1 0 2 の縁に形成している。

この電極配置構成では、電気容量の変化は前述の第 1 の実施形態よりも小さいが、光導波路コア 1 0 1 に対する挿入板 1 0 3 の相対位置変化を捉えることは十分に
5 できるので、このような構成でも電極 4 0 1、4 0 2 を介して挿入板 1 0 3 と導波路コア 1 0 1 の相対位置検出をして、その相対位置検出データを用いて電磁力（ローレンツ力）あるいは静電力を調整する帰還制御をすることにより、光減衰量制御において従来の温度検出に基く温度補償と同等の制御効果を得ることができる。

10 上述の第 1 および第 2 の実施形態では、光ビーム可変減衰調整装置内の構造物の相対位置の変化を電気容量の変化として検出するものであるが、位置検出にはこれに限ったものではなく、誘導性のリアクタンスの変化を検出する方法を用いることもできる。

15 制御系の例

上記のような電気容量等の変動を利用して挿入板 1 0 3 と導波路コア 1 0 1 の相対位置を検出する位置検出機構として、F I G. 5 に示すように、電極 3 0 1 および電極 3 0 2（または電極 4 0 1 と電極 4 0 2）と位置変化検出回路 5 0 1 と挿入板位置制御回路 5 0 2 とを用いて帰還回路を構成する。この帰還回路のフィード
20 バックデータに応じて、挿入板位置制御回路 5 0 2 は挿入板 1 0 3 を光ビームの減衰量に相当した位置まで移動制御するように、挿入板駆動機構 1 1 1 を駆動する。

この帰還制御により、本発明によれば、温度検出に基いて温度を一定に制御することで温度補償を行う従来の方法を使わなくても、また温度を検出して予め測定した温度と位置の位相関係とから挿入板位置を補正して温度補償を行う従来の方法
25 を使わなくても、温度に左右されることのない光ビーム減衰調整装置を実現することができる。

本発明の第 1 または第 2 の実施形態の検出装置を用い、F I G. 5 に示す帰還回

路により挿入板 103 の移動位置を制御した場合、温度変動に対する出力変動を 0.15 デシベル毎℃以内にすることができた。

第 3 の実施形態

- 5 さらに、より集積化した光ビーム可変減衰調整装置を構成する場合などにおいて、位置検出のための電気容量の変化を大きくとる必要がある場合、あるいはチャンネルごとに位置検出手段を備えることができない場合には、FIG. 6 の本発明の第 3 の実施形態に示すように、電磁力や静電力によって駆動はしないが、挿入板駆動機構 111 と同じ形状のもので、かつ電極 504 の面積を大きくとって電気容量
- 10 変化を大きくした位置検出機構（モニター用ダミー機構）503 を、挿入板駆動機構 111 の近くに配置する。位置検出機構 503 は挿入板駆動機構 111 の形状、サイズだけでなく、挿入板 103 の重さや取り付け位置も考慮して形成すればより好ましい。

- この位置検出機構 503 の温度変化による位置変動を電気容量の変化として位置
- 15 変化検出回路 501 で検出し、この検出に応じて位置補正回路付き挿入板駆動制御回路 505 により挿入板駆動機構 111 を駆動制御することで、挿入板 103 の位置制御を行う。挿入板 103 と光導波路コア 101 の相対位置の補正を行うこのような位置補正回路付き挿入板駆動制御回路 505 を用いることにより、温度測定を伴わずに位置補償を行うことができる。

- 20 本実施形態では、上記位置検出機構 503 に配置した電極 504 の面積を 0.25 平方ミリメートルにした場合に、位置検出機構 503 が挿入板駆動機構 111 と同じく 10℃の温度変化に対して 10 ミクロンの移動をしたとき、電気容量の変化を 110 ピコファラッドとすることができた。位置検出機構 503 を用いて FIG. 6 に示すような帰還制御系を構成した光ビーム可変減衰調整装置においては、温
- 25 度検出による補償回路なしに、光量減衰の温度変動を 0.1 デシベル/℃以内に抑えることができた。

他の実施形態

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、各クレーム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、上述した本発明の実施形態では、挿入板の位置検出機構は電気容量の変化を用いて電極間距離を検出しているが、本発明はこれに限定されず、電極間の各種のリアクタンス変化を用いて電極間距離を検出してもよい。また、上述の実施形態では、挿入板駆動機構の駆動力としてローレンツ力を用いることができるが、本発明はこれに限定されず、例えば、静電力駆動でも良い。また、上述の実施形態では片持ち梁を利用した挿入板駆動機構を例示したが、他の形態の各種アクチュエータも適用可能である。また、挿入板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. 光導波路を横断するスリット内に挿入板を抜き差しすることにより前記光導波路中を伝播する光ビームの少なくとも一部を遮断してその透過光量を調整する可変光減衰器において、
- 5 前記光導波路と前記スリットが形成された第1の基板と、
前記挿入板を保持して前記スリット内で移動させる挿入板駆動機構と、
前記挿入板が前記スリット内に抜き差し可能なように所定の間隙をおいて前記第1の基板に対向して配置され、かつ前記挿入板駆動機構が取り付けられた第2の
- 10 基板と、
前記挿入板の前記光導波路への挿入位置を検出する位置検出機構と
を有することを特徴とする可変光減衰器。
2. 光導波路を横断するスリット内に挿入板を抜き差しすることにより前記光導波路中を伝播する光ビームの少なくとも一部を遮断してその透過光量を調整する可変光減衰器において、
- 15 前記光導波路と前記スリットが形成された第1の基板と、
前記挿入板を保持して前記スリット内で移動させる挿入板駆動機構と、
前記挿入板が前記スリット内に抜き差し可能なように所定の間隙をおいて前記第1の基板に対向して配置され、かつ前記挿入板駆動機構が取り付けられた第2の
- 20 基板と、
前記挿入板の前記光導波路への挿入位置を検出する位置検出機構と、
前記位置検出機構の出力に応じて前記挿入板の前記光導波路への挿入位置が一定になるように制御する、前記位置検出機構と前記挿入板駆動機構を結ぶ帰還回路
- 25 と
を有することを特徴とする可変光減衰器。

3. 光導波路を横断するスリット内に挿入板を抜き差しすることにより前記光導波路中を伝播する光ビームの少なくとも一部を遮断してその透過光量を調整する可変光減衰器において、

前記光導波路と前記スリットが形成された第1の基板と、

5 前記挿入板を保持して前記スリット内で移動させる挿入板駆動機構と、

前記挿入板が前記スリット内に抜き差し可能なように所定の間隙をおいて前記第1の基板に対向して配置され、かつ前記挿入板駆動機構が取り付けられた第2の基板と、

前記挿入板の前記光導波路への挿入位置を検出する位置検出機構と、

10 前記位置検出機構の出力に応じて前記挿入板の前記光導波路への挿入位置が一定になるように制御する、前記位置検出機構と前記挿入板駆動機構を結ぶ帰還回路とを有し、

前記挿入板駆動機構が、その一端を前記第2の基板に固定し、他方の自由端に前記挿入板を取り付けた片持ち梁状部材であり、電磁力または静電力により駆動する

15 ことを特徴とする可変光減衰器。

4. 前記位置検出機構が、前記第2の基板上に設けられた電極と前記挿入板駆動機構に設けられた電極の間のリアクタンス変化を用いて電極間距離を検知することにより、前記挿入板の前記光導波路への挿入位置を検出することを特徴とするク

20 レーム1ないし3のいずれかに記載の可変光減衰器。

5. 前記位置検出機構が、前記第1の基板上に設けられた電極と前記挿入板駆動機構に設けられた電極の間のリアクタンス変化を用いて電極間距離を検知することにより、前記挿入板の前記光導波路への挿入位置を検出することを特徴とするク

25 レーム1ないし3のいずれかに記載の可変光減衰器。

6. 前記位置検出機構が、前記第2の基板上に設けられた電極と前記挿入板駆動

機構に設けられた電極の間の電気容量変化を用いて電極間距離を検知することにより、前記挿入板の前記光導波路への挿入位置を検出することを特徴とするクレーム 1 ないし 3 のいずれかに記載の可変光減衰器。

- 5 7. 前記位置検出機構が、前記第 1 の基板上に設けられた電極と前記挿入板駆動機構に設けられた電極の間の電気容量変化を用いて電極間距離を検知することにより、前記挿入板の前記光導波路への挿入位置を検出することを特徴とするクレーム 1 ないし 3 のいずれかに記載の可変光減衰器。
- 10 8. 前記位置検出機構が、前記挿入板駆動機構の近傍に配置されて、前記挿入板駆動機構と同一形状で同一特性の位置検出用部材を含み、前記第 1 の基板または前記第 2 の基板上に設けられた電極と前記位置検出用部材に設けられた電極の間のリアクタンス変化を用いて電極間距離を検知することにより、前記挿入板の前記光導波路への挿入位置を検出することを特徴とするクレーム 1 ないし 3 のいずれかに記載の可変光減衰器。
- 15
9. 前記位置検出機構が、前記挿入板駆動機構の近傍に配置されて、前記挿入板駆動機構と同一形状で同一特性の位置検出用部材を含み、前記第 1 の基板または前記第 2 の基板上に設けられた電極と前記位置検出用部材に設けられた電極間の電気容量変化を用いて電極間距離を検知することにより、前記挿入板の前記光導波路への挿入位置を検出することを特徴とするクレーム 1 ないし 3 のいずれかに記載の可変光減衰器。
- 20

2/10

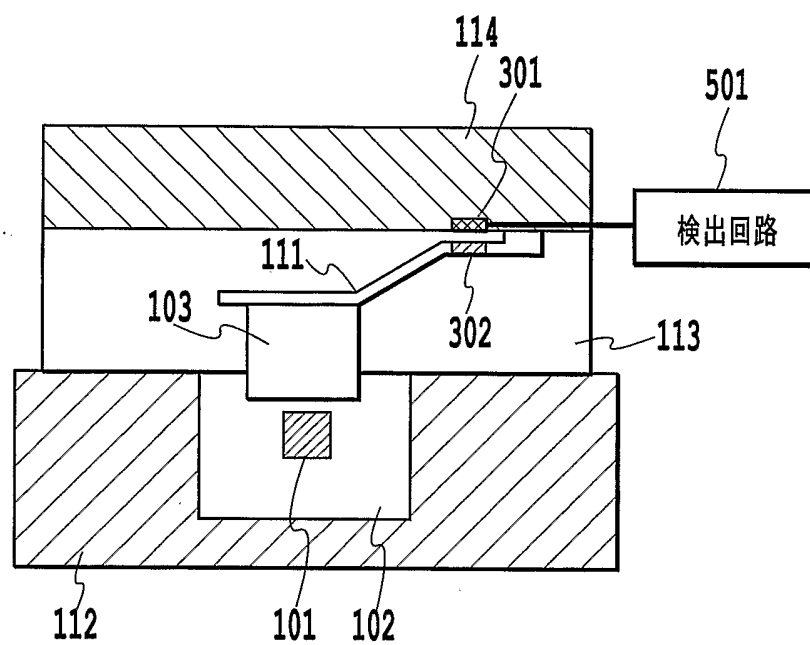


FIG.2

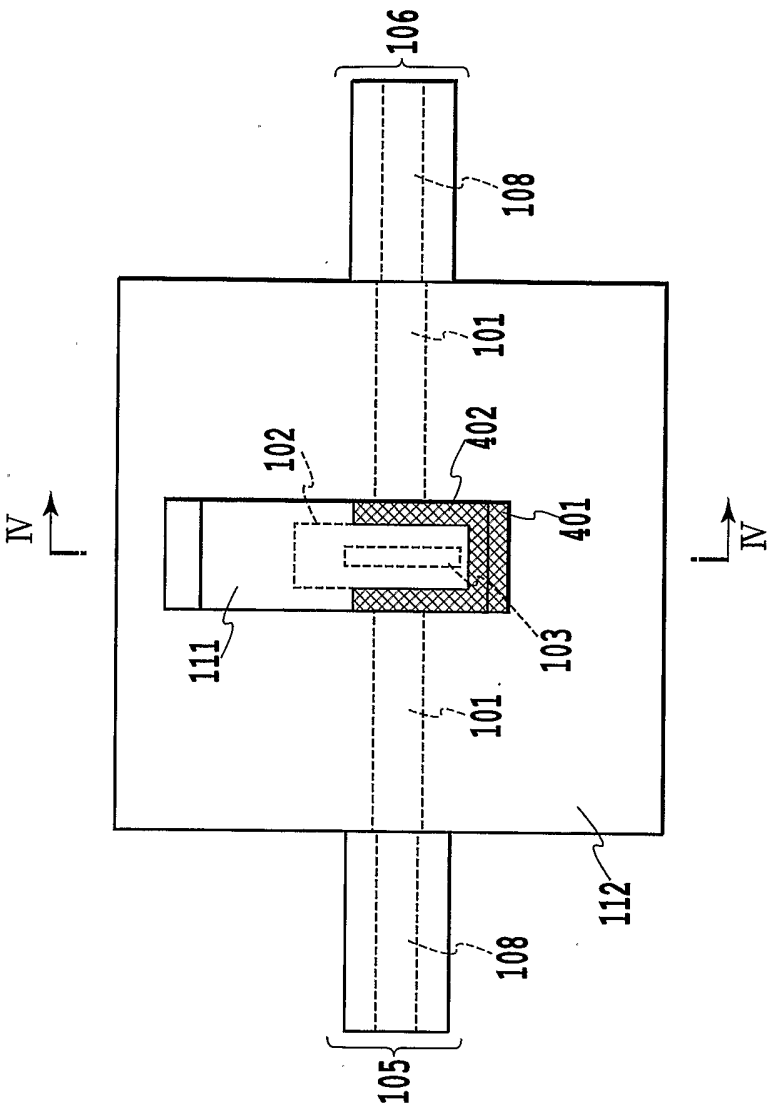


FIG.3

4/10

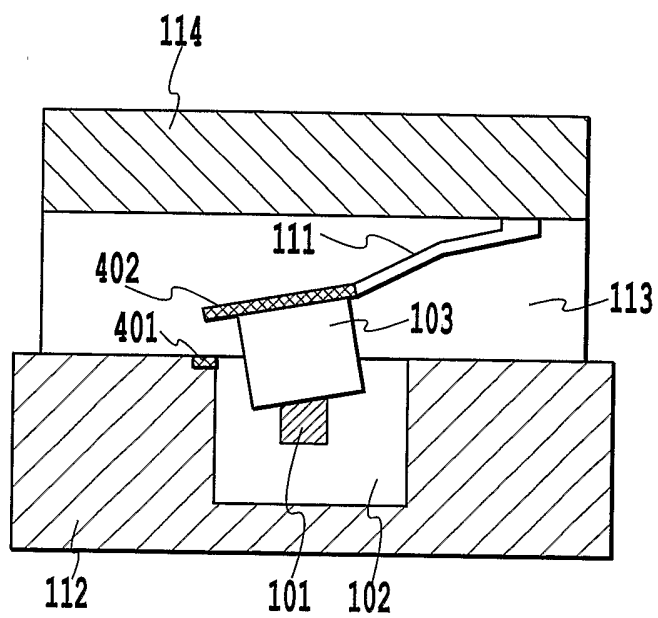


FIG.4

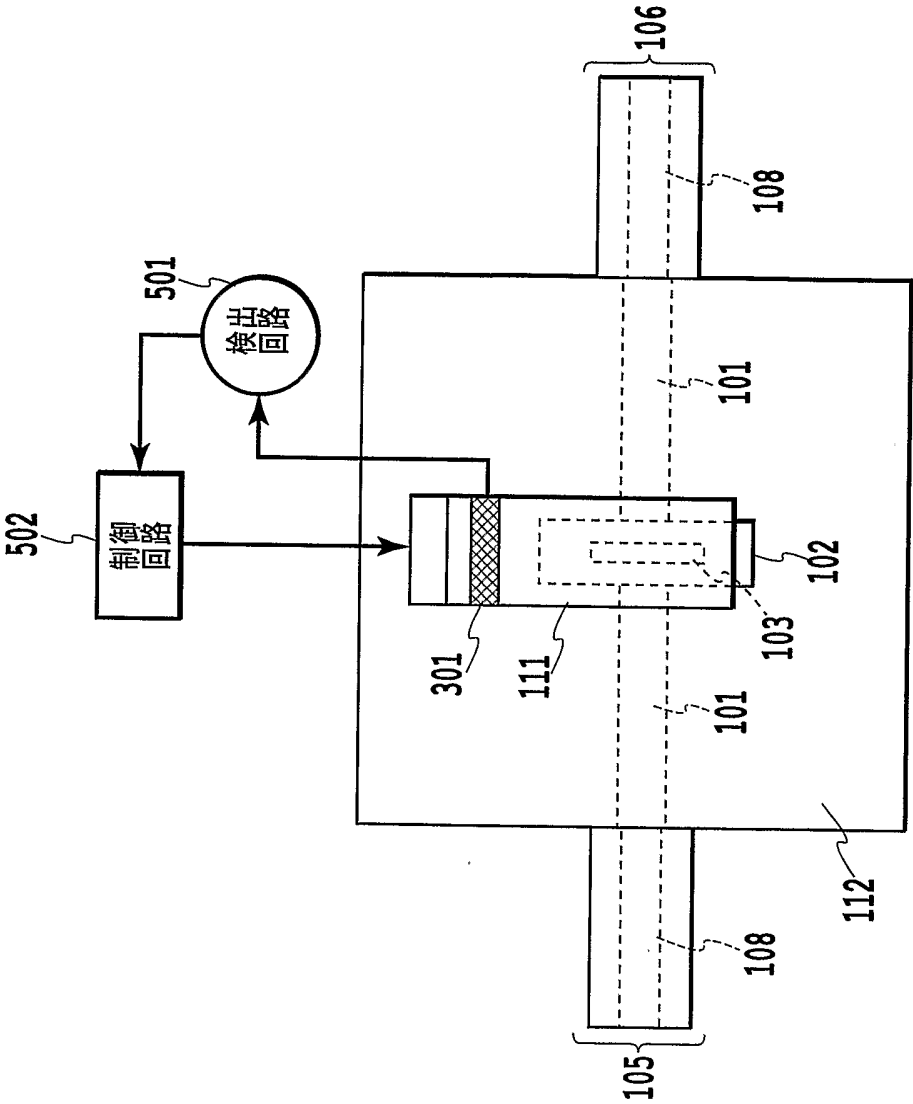


FIG.5

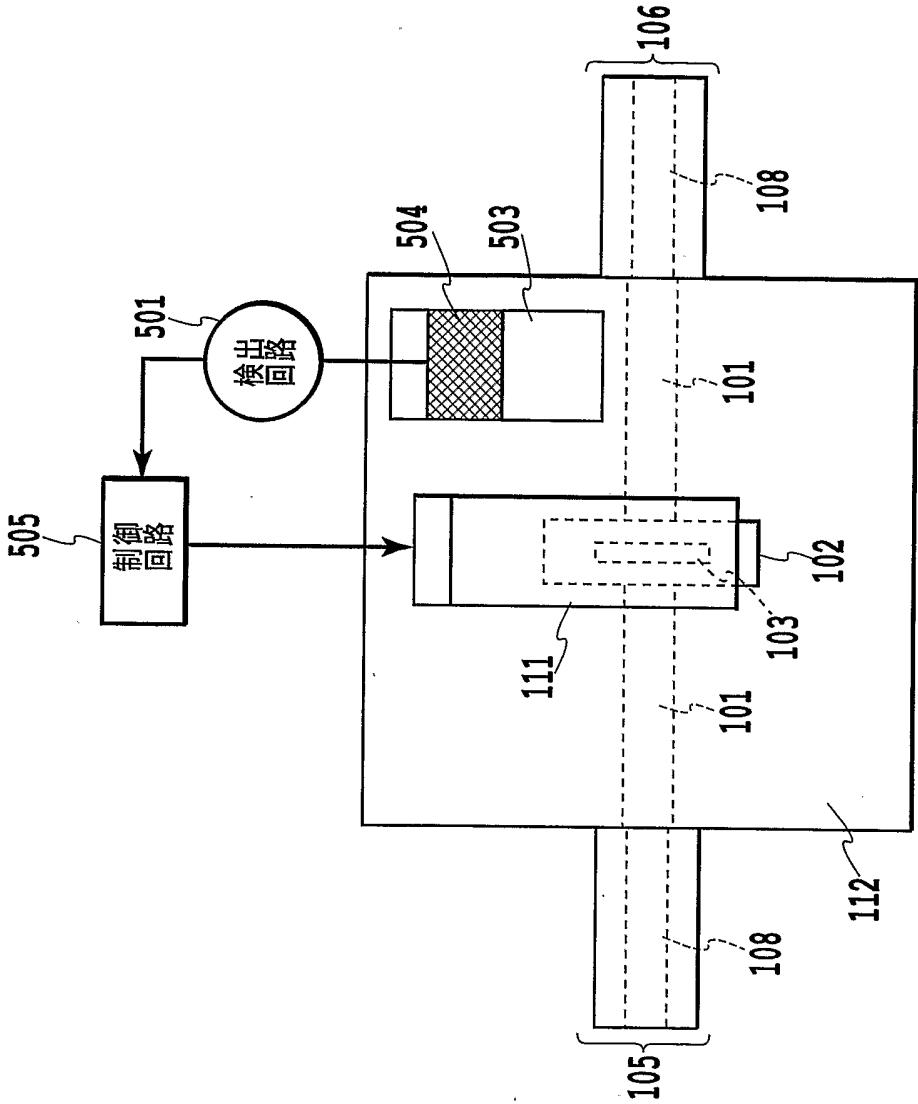
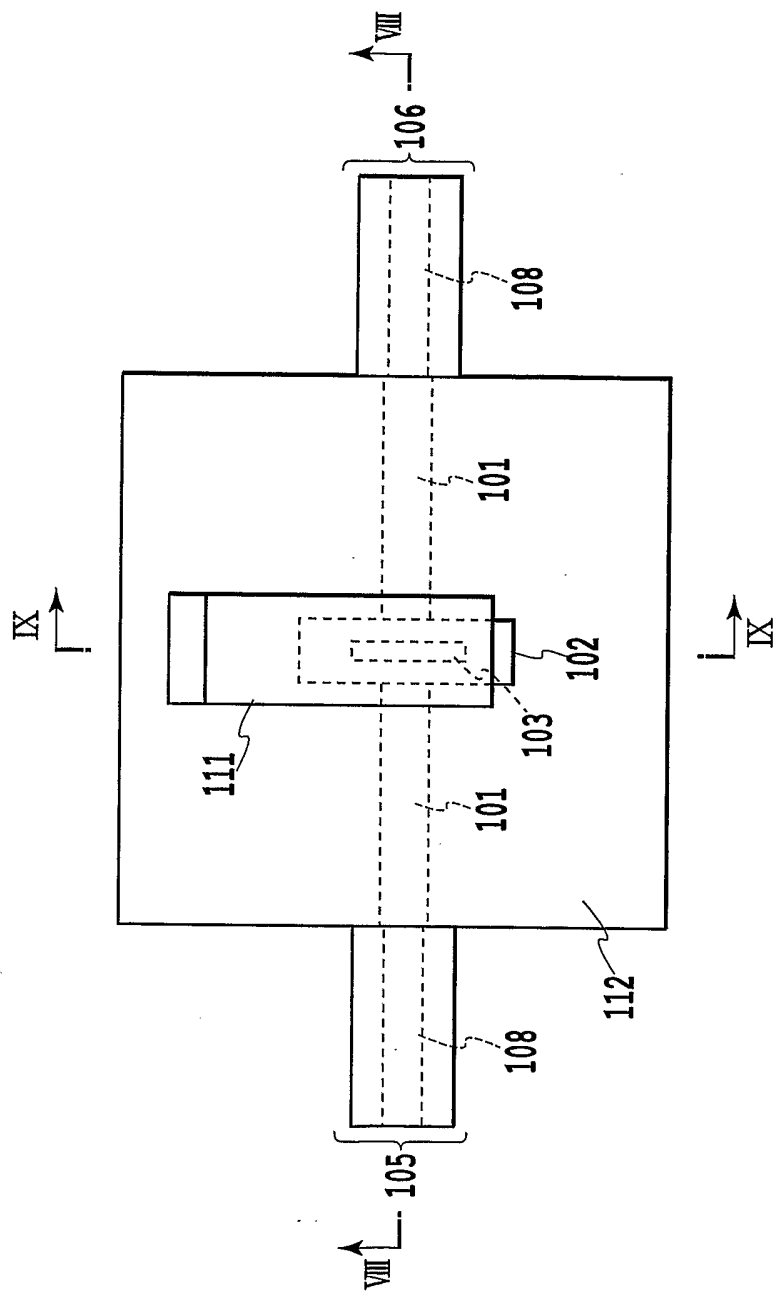


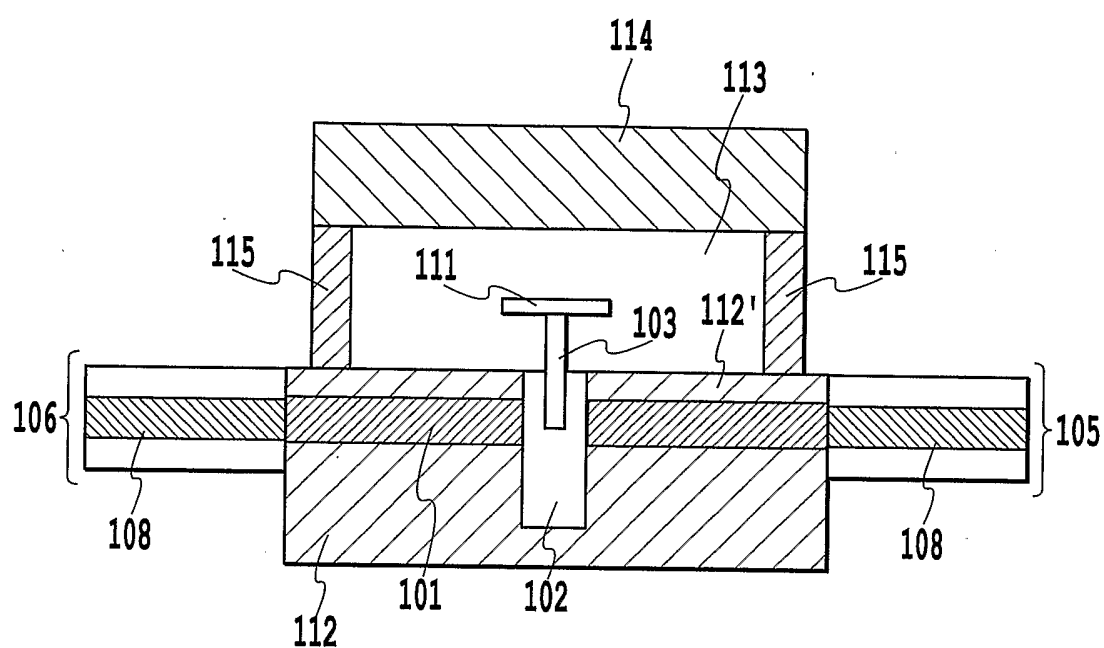
FIG.6



従来技術

FIG.7

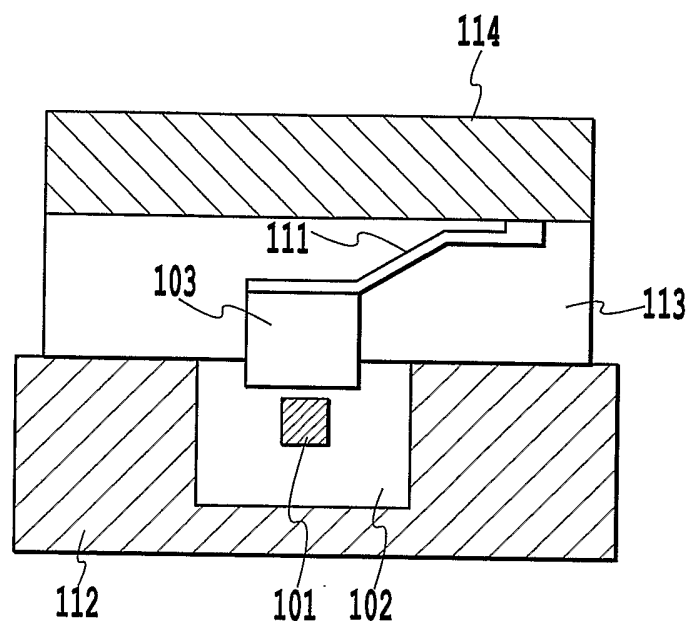
8/10



従来技術

FIG.8

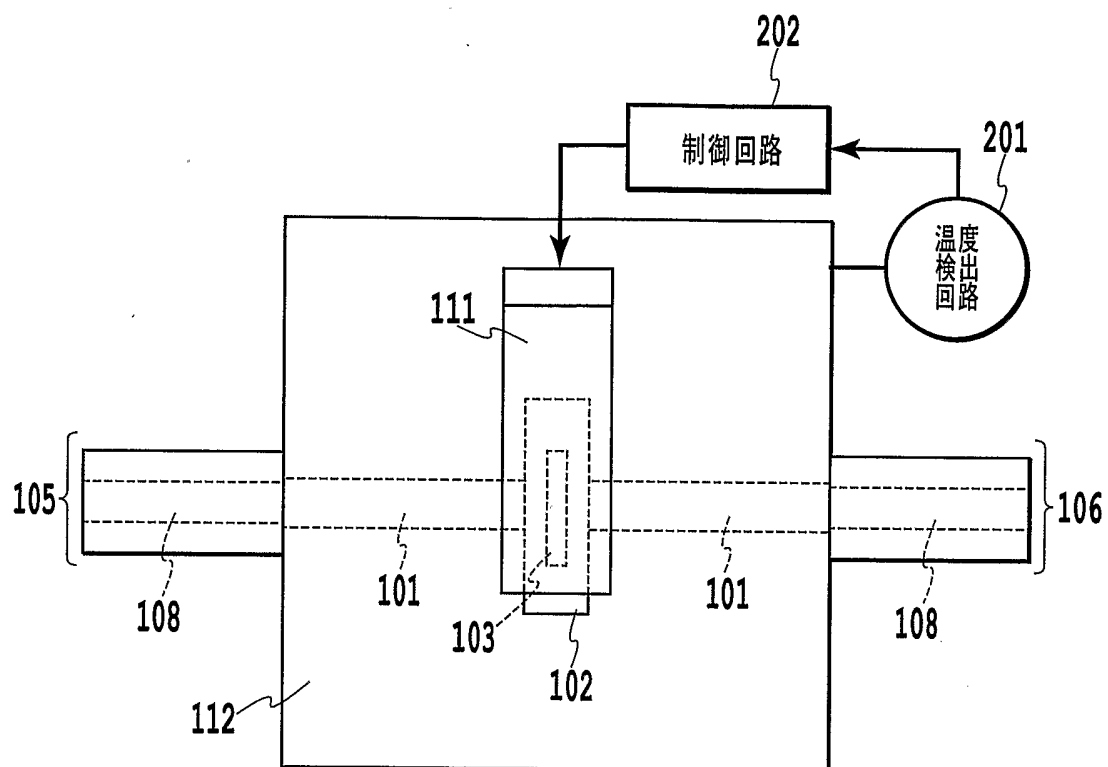
9/10



従来技術

FIG.9

10/10



従来技術

FIG.10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/003867

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁷ 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.Cl.⁷ 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.
Y	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	1-9
Y	JP 01-094312 A (Sharp Corp.), 13 April, 1989 (13.04.89), Page 4, lower right column, line 9 to page 5, upper left column, line 12; Fig. 7 (Family: none)	1-9
Y	JP 2001-142008 A (Agilent Technologies Inc.), 25 May, 2001 (25.05.01), Par. Nos. [0029] to [0033]; Fig. 8 & US 6195478 B1 & EP 1089108 A2	1-9

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

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

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/JP2004/003867

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2002-107639 A (Seiko Instruments Inc.), 10 April, 2002 (10.04.02), Full text; Figs. 1 to 11 & US 2002/0048073 A1	1, 2

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*	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
Y	JP 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 & EP 0510629 A, & US 5226099 A	1-9
Y	JP 01-094312 A (シャープ株式会社) 1989. 04. 13, 第4頁右下欄9行~5頁左上欄12行, 第7図 (ファミリーなし)	1-9
Y	JP 2001-142008 A (アジレント・テクノロジーズ・インク) 2001. 05. 25, 段落【0029】~【003	1-9

☒ 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

「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/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)

東 治 企

2X

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
Y	3】 , 第8図 &US 6195478 B1, EP 1089108 A2 JP 2002-107639 A (セイコーインスツルメンツ株 式会社) 2002. 04. 10, 全文, 第1-11図 &US 2002/0048073 A1	1, 2