

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

特許第3250712号
(P3250712)

(45)発行日 平成14年 1 月28日 (2002. 1. 28)

(24)登録日 平成13年11月16日 (2001. 11. 16)

(51)Int.Cl.⁷

G 0 2 F 1/035

識別記号

F I

G 0 2 F 1/035

請求項の数 4 (全 8 頁)

(21)出願番号	特願平7-159499	(73)特許権者	000004226 日本電信電話株式会社 東京都千代田区大手町二丁目3番1号
(22)出願日	平成7年6月26日 (1995. 6. 26)	(72)発明者	宮澤 弘 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内
(65)公開番号	特開平9-15545	(72)発明者	三富 修 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内
(43)公開日	平成9年1月17日 (1997. 1. 17)	(72)発明者	野口 一人 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内
審査請求日	平成11年10月19日 (1999. 10. 19)	(74)代理人	100077481 弁理士 谷 義一 (外1名)
		審査官	田部 元史

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 偏波無依存光制御素子

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 電気光学効果を有する光学基板と、該光学基板の表面付近に形成された光導波路と、該光導波路が形成された前記光学基板面上に配置された進行波型電極とを備え、前記電極にマイクロ波を印加して誘起される電圧により前記光導波路と前記電極との相互作用領域が形成される偏波無依存光制御素子であって、波長板および反射層を有するとともに光偏波面を実質的に90°前後回転して折り返す折り返し部を前記光導波路の少なくとも一ヶ所に具備し、かつ前記光導波路、前記折り返し光導波路および前記進行波型電極の長さを、直交する伝搬光モードの前記相互作用部におけるマイクロ波の実効的な電圧の総和がほぼ一致する長さに、設定したことを特徴とする偏波無依存光制御素子。

【請求項2】 前記進行波型電極を二つ以上に分割した

2

ことを特徴とする請求項1に記載の偏波無依存光制御素子。

【請求項3】 前記光導波路の折り返し部を二つ以上具備したことを特徴とする請求項1または2に記載の偏波無依存光制御素子。

【請求項4】 前記光導波路、前記折り返し光導波路および前記進行波型電極の長さを、前記相互作用部におけるマイクロ波と光との実効的な走行時間がほぼ一致する長さに、設定したことを特徴とする請求項1ないし3のいずれかに記載の偏波無依存光制御素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光変調器や光スイッチなどの光制御素子の中で、小型で駆動電圧が小さく高速動作が可能で、かつ入力光の偏波状態に依存しない偏波

無依存光制御素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】高速かつ大容量の光伝送システムや、光交換システムにおいては、高速で駆動するために、駆動電圧が小さい光制御素子が有用である。この種の光制御素子の一例としては、光スイッチや位相変調器や、光強度変調器等があり、基本技術として、プリズムや光ファイバを機械的に移動させるメカニカル型、石英系ガラス導波路等で用いられる熱光学効果型、Ti拡散LiNbO₃導波路等で用いられる電気光学効果型、等に大別される。この中でメカニカル型や熱光学効果型の光制御素子は偏波依存性はないが、その応答速度は1msec程度以上と遅いという問題がある。

【0003】一方、電気光学効果型光制御素子は、応答速度が極めて速いという特徴を持っている。しかしながら、同じ電圧あるいは電界を印加しても、屈折率変化が光の偏波方向によって異なり、その動作が偏波方向に依存したものになってしまうという問題があった。

【0004】従来の光制御素子としてマッハツェンダ型光強度変調器の例を、図15および16に示す。図15は該光強度変調器の透視的に見た平面図であり、図16は図15のA-A'線に沿う断面図である。

【0005】この光強度変調器では、例えば、電気光学効果を有するz板LiNbO₃基板1に、Ti熱拡散に*

$$V_p \cdot L = \Gamma$$

Γ：光変調器の材質、構造等により決まる定数
で示される関係があるため、従来例においては、TMモードに対する定数ΓをΓ(TM)とし、TEモードに対*

$$\Gamma(TE) \sim 3\Gamma(TM)$$

と表記できる。

【0010】この光強度変調器の場合、進行波型電極3は分布定数回路として構成されているので、理想的には電気回路的な帯域制限はない。しかし、実際にはマイクロ波と光には位相速度差があり、これによって動作周波数の上限が制限される。

【0011】マイクロ波に対する基板の実効的な屈折率★

$$f_v = 1.4c / (\pi L |n_{\parallel} - n_0|) \quad \dots (3)$$

ただし、cは真空中における光速である。上記屈折率n_{||}は基板の実効的な比誘電率ε_{eff}に対して、☆

$$n_{\parallel} = \epsilon_{eff}^{1/2}$$

で与えられる。

【0014】電気光学効果を持つ基板材料では、一般にマイクロ波に対する屈折率n_{||}は、光に対する屈折率n₀とは必ずしも一致しない。基板の実効的な比誘電率ε_{eff}は、構造や材質によって異なるが、従来例においてはn_{||}が3.2程度の値となる。

【0015】図17は、図15、図16の光強度変調器において、電極の長さ(相互作用長)を20mmとした場合に、波長1.3μmにおいて得られた特性の一例である。光がON/OFFするのに要する電圧(駆動電

※より光導波路2が形成されている。この基板1の上にはSiO₂パッファ層8が0.3~1μm程度形成され、パッファ層8の上には進行波型電極3が形成されている。進行波型電極3間に給電線11からマイクロ波電圧Vが供給される。

【0006】ここで、強度が一定の入射光6を光導波路2に入射させると、光はマッハツェンダ干渉計を構成するY分岐部9aで二つの光導波路にパワーを分配する。光導波路2、2と、電極3に印加した電圧とが相互作用する領域で、その入力電圧に応じて光の屈折率あるいは位相が変化し、Y分岐部9bで光が干渉し合い出射光7の強度が変化する。

【0007】このような光導波路2内では、基板面に垂直な電界成分を有するTMモードと水平方向に電界成分を有するTEモードと呼ばれる直交する二つの偏波モードが伝搬する。光導波路2と、電極3に印加した電圧とが相互作用する領域(領域の長さをLとする)では、光の伝搬方向をLiNbO₃結晶のx軸方向とし、光導波路2内における実効的な電界をE_zとした場合、TMモードに対する屈折率変化Δn(TM)はTEモードに対する屈折率変化Δn(TE)の約3倍である。ここで、駆動電圧V_pと相互作用長Lとは、

【0008】

【数1】

$$\dots (1)$$

※する定数ΓをΓ(TE)とすると、

【0009】

【数2】

$$\dots (2)$$

30★をn_{||}、光に対する光導波路の実効的な屈折率をn₀と表すと、この位相速度によって生じる上限周波数f_vは、次式で与えられる[参考文献：信学論(C), J64-C, p264-271, 1981]。

【0012】

【数3】

$$\dots (3)$$

☆【0013】

【数4】

$$\dots (4)$$

圧)はV_p(TM)が5Vであるのに対し、V_p(TE)は15Vであった。これは、上述した(1)式および(2)式の関係から推定される値と一致している。なお、周波数帯域としては、TMモードの屈折率n₀(TM)=2.15、TEモードの屈折率n₀(TE)=2.22で、屈折率n_{||}は屈折率n₀の約1.5倍の大きさになるので、式(3)から7GHz程度になる。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来例によれば、TMおよびTEモードとも同時にON/

OFFする場合には、電圧がそれぞれ0 Vおよび1.5 Vにおいて達成されるため、駆動電圧として最低1.5 V必要であり、高速で動作させる場合に駆動電源にとって大きな負担となる。

【0017】また、光強度変調器の高速動作化は、上記(3)式から明らかなように、動作周波数に応じて、相互作用長Lを短くすることにより達成できるものの、相互作用長Lを短くすると、上記(1)式で示されるように、駆動電圧が大きくなるという欠点があった。

【0018】さらに、両モードのOFF電圧がずれると、消光比劣化が生じてしまい、システム上許容される消光比を確保できなくなることが予想される。

【0019】本発明の課題は、上述した従来の問題点を解消し、低駆動電圧で高速動作が可能な、小型で入力光の偏波状態に依存しない偏波無依存光制御素子を提供することにある。

【0020】

【0021】

【課題を解決するための手段】上記課題を達成するため、本発明の請求項1の偏波無依存光制御素子は、電気光学効果を有する光学基板と、該光学基板の表面付近に形成された光導波路と、該光導波路が形成された前記光学基板面上に配置された進行波型電極とを備え、前記電極にマイクロ波を印加して誘起される電圧により前記光導波路と前記電極との相互作用領域が形成される偏波無依存光制御素子であって、波長板および反射層を有するとともに光偏波面を実質的に90°前後回転して折り返す折り返し部を前記光導波路の少なくとも一ヶ所に具備し、かつ前記光導波路、前記折り返し光導波路および前記進行波型電極の長さを、直交する伝搬光モードの前記相互作用部におけるマイクロ波の実効的な電圧の総和がほぼ一致する長さに、設定したことを特徴とする。

【0022】本発明の請求項2の偏波無依存性光制御素子は、前記請求項1の光制御素子において、進行波型電極を二つ以上に分割したことを特徴とする。

【0023】本発明の請求項3の偏波無依存光制御素子は、前記請求項1または2に記載の光制御素子において、光導波路の折り返し部を二つ以上具備したことを特徴とする。

【0024】本発明の請求項4の偏波無依存光制御素子は、前記請求項1ないし3のいずれかに記載の光制御素子において、光導波路、折り返し光導波路および進行波型電極の長さを、相互作用部におけるマイクロ波と光との実効的な走行時間がほぼ一致する長さに、設定したことを特徴とする。

【0025】

【作用】本発明によれば、光導波路の折り返し部において、波長板により偏波方向を90°回転させて反射させることでTEモードとTMモードが変換されるので、入射時にTEおよびTMモードであった入射光が、分岐後

再び合波するまでに受ける位相変化は同じになり、偏波依存性がなくなる。また、電気光学効果を有する光学基板の大きさには制限があるが、本発明のように光導波路を折り返すと相互作用長を長くすることができ、駆動電圧を非常に低減することができる。また、折り返し部で電極と光導波路の長さに差を設けることができるので、マイクロ波と光の位相速度差を補償することができ、従来より高速動作を行うことが可能となる。また、同じ駆動電圧に対して全素子長を短くすることができるため、小型化も図ることができる。

【0026】さらに、TEモードとTMモードを2回以上入れ換えられるので、マイクロ波の伝搬損失によって生じる各偏波モードの実効的な電圧の不均衡を解消することができ、従って、高速動作においても偏波依存性の無い特性が得られる。

【0027】これらの動作原理は、次の実施例の中で実際のデバイスに沿ってより具体的に説明する。

【0028】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の実施例を詳細に説明する。

【0029】(実施例1)図1は、本発明による偏波無依存光制御素子として、マッハツェンダ型光強度変調器の第1の実施例を説明するための平面図であり、図2は図1のA-A'線に沿う拡大断面図である。

【0030】本実施例では、図15および16に示した従来例と同様に電気光学効果を有するz板LiNbO₃基板1上にTi熱拡散法により光導波路2を形成している。この光導波路2には、光度変換型折り返し光導波路部10が形成されている。光導波路2上に進行波型電極3を配置している。光導波路2を伝搬する光が電極3による吸収損失を少なくするために、例えばSiO₂でパッファ層8を基板1と電極3との間に1μm程度形成している。進行波型電極3に給電線11からマイクロ波電圧Vが供給される。

【0031】図3に、第1の実施例の光路変換型折り返し光導波路部10の端部近傍の拡大一部断面視した平面図の一例を示す。研磨等で形成した光路変換型光導波路の折り返し部10の端部に、片側に高反射膜5を形成した1/4波長板4を、その主軸が基板面と45°となるように傾けて接合した。ここで、波長板4は、 $(2n+1)/4$ 波長板(nは0以上の整数)でもよい。また、光導波路端部と波長板4との屈折率不整合による不要な反射光を除去するため、光導波路端部と波長板4との間に反射防止膜を形成している。なお、波長板4の厚さは、厚い程損失が大きくなるため、薄い方が望ましい。

【0032】次に、上記構成による光強度変調器の動作について説明する。

【0033】強度が一定の入射光を光導波路2に入射させると、光はマッハツェンダ干渉計を構成するY分岐部9aで二つの光導波路にパワーを分配する。光導波路2

と電極3とが第1の相互作用領域(PQ間:長さ L_1)13でその入力信号に応じて光の屈折率あるいは位相が変化する。折り返し部10において、光が45°傾いた1/4波長板4を往復するため、実効的に1/2波長板を通過したことに同じになり、TMモードがTEモードへ、TEモードがTMモードへ変換される。第2の相互作用領域(RS間:長さ L_2)14を経てY分岐部9bで光が合波する。ここで、 L_1 と L_2 が等しい場合($L_1 = L_2$)、分岐してから合波するまでの間に、異なる入射光モードが受ける位相変化が等しくなり、各モ

$$V_p(TM+TE) = (2/(1/V_p(TM)+1/V_p(TE))) \\ = 2V_p(TM)V_p(TE)/(V_p(TM)+V_p(TE)) \quad \dots (5)$$

で与えられる。この時、相互作用長 L とTMモード(TEモード)に対する $\Gamma(TM)$ ($\Gamma(TE)$)は、従来構造の値とほぼ同じとする。

【0036】一方、TMモードとTEモード光の平均的な実効屈折率を n_0 、マイクロ波の実効的な屈折率を n_*

$$n_* (L_1 + L_3') = n_0 (L_1 + L_3) \quad \dots (6)$$

の関係が成り立つように設定すると、P点におけるマイクロ波と光の各位相面が、R点においても一致する。つまり、相互作用部における実効的な走行時間を一致させることができる。従って、上限周波数は前記(3)式の L を L_1 とした値となる。図15、図16の光制御素子の相互作用長 L と図1の光制御素子の相互作用長 L_1 を等しくすると、周波数帯域は同じとなり、かつ上記で示したように入射光の偏波モードに依存せずに駆動電圧を低減することができる。

【0038】なお、上記(6)式から僅かにずれた場合でも、低電圧化、高速動作化等に大きな影響は与えない。

【0039】図4は、全相互作用長を40mmとして、波長1.3μmの光を用いたときの印加電圧に対する光出力特性である。ここで、横軸は電極に印加した電圧を縦軸に出射光強度を示す。駆動電圧は3.8Vであり、入射光の偏波によらず同じ特性を示すことがわかる。図15、図16で示した従来例における $V_p(TM) = 5V$ 、 $V_p(TE) = 15V$ の値から、上記(5)式を用いて駆動電圧 $V_p(TM+TE)$ を推定した値と良く一致していることがわかる。よって、本発明による構成によって偏波無依存光強度変調器は、従来の構成によるものと比較して1/4程度の駆動電圧ですむことになる。また、周波数帯域は図15、図16の従来例と同程度であった。さらに、入射光の偏波に対してON/OFF電圧が一致しているため、消光比劣化はほとんどない。

【0040】このように、本発明の光強度変調器は、偏波依存性を無くし、かつその駆動電圧を従来より大幅に低減することができ、またマイクロ波と光の位相速度差を補償することができるため高速動作を実現することができる。

【0041】(実施例2)図5は、2×2光スイッチと

モードとも二つの光導波路間の屈折率変化を同じように受ける。従って、各入射モードと同じ電圧において合波部(Y分岐部9b)で干渉し合い出射光7の強度が変化する。

【0034】ここで、図15、図16で示した従来構造におけるTMモード(TEモード)における駆動電圧を $V_p(TM)$ ($V_p(TE)$)とすると、駆動電圧 $V_p(TM+TE)$ は、

【0035】

【数5】

※ L_3 、QR間に実効的な光導波路の長さを L_3 、QR間の実効的な電極の長さを L_3' とした時に、

【0037】

【数6】

した本発明の第2の実施例である。図1と同一構成要素には同一符号を付して説明を簡略化した。図1の第1の実施例のY分岐部9a、9bを2×2カプラ部15に置き換えた2×2光スイッチの構成となっている。2×2カプラは部15、方向性結合器やX分岐等で構成し、各偏波に対してそれぞれ3dBとなるように設定してある。

【0042】以上の実施例では、マイクロ波と光の速度不整合による帯域制限が主要因で、マイクロ波の伝搬に伴う損失が無視できるような場合を示した。

【0043】一方、マイクロ波と光の速度不整合により、マイクロ波の伝搬に伴う損失が帯域制限の主要因となる場合は、TMモードとTEモードの全相互作用領域で受ける実効的な電圧の総和が異なり、偏波依存性が生じてしまう問題がある。

【0044】(実施例3)図6は、マイクロ波の伝搬損失が無視できない場合の本発明の第3の実施例である。図中、図1および図5と同一構成要素には同一符号を付して説明を簡略化した。第1のマイクロ波給電線16と第2のマイクロ波給電線17からの入力、P点におけるマイクロ波と光の各位相面が、R点においても一致するように、P点からR点までの光の到達時間 Δt だけ遅延時間を有する。図7は、マイクロ波と光速度が一致した場合におけるマイクロ波の伝搬距離に対する実効的な電圧(パワー)を示している。電圧は伝搬距離に対して指数関数的に減衰する。特に周波数が高い場合、図1に示す第1の実施例では、図8で示すように光が受ける実効的な電圧の総和が入射偏波モードによって異なってくる。図9は、図6において、第1、第2のマイクロ波のパワーを同じ値に設定した場合の光が受ける実効的な電圧の距離依存性を示している。これにより、マイクロ波の伝搬損失による高周波領域におけるPQ間の実効的な

電圧とRS間の実効的な電圧を一致させることができるため、DCあるいは低周波動作だけでなく高周波動作においても偏波依存性をなくすることができる。

【0045】（実施例4）図10は、マイクロ波の伝搬損失が無視できない場合の光路変換型折り返し光導波路部10を2ヶ所用いて相互作用部を2回折り返しとした本発明の第4の実施例を示す図である。本実施例では第1の相互作用領域（PQ間）13＋第3の相互作用領域（TU間）18の長さで第2の相互作用領域（RS間）14の長さを等しくしている。図11は、入射偏波モード光が受ける実効的な電圧の距離依存性を示している。PQ間およびTU間の電圧の総和とRS間の電圧の総和を等しくするように各領域の長さを設定すれば、入射の各モード光が受ける実効的な電圧をほぼ等しくすることができるため、DCあるいは低周波領域だけでなく、高周波領域においても偏波依存性をなくすることができる。なお、繰り返し回数を3回以上行ってもよい。また、速度不整合が問題とならない場合には、上記相互作用領域の長さは限定されない。

【0046】（変形例）図12、図13、図14は、前記第1、第2、第3および第4の実施例における光路変換型折り返し光導波路部の端部近傍の他の構成を示す図である。図12、図13は角度 θ の光導波路402と光導波路端部403で構成され、光導波路端部に取り付けられた波長板4の周囲にはこの波長板4を取り付けるための溝19が形成されている。また図14は光導波路2が端部近傍で3dBカプラを形成し、カプラ部20を光が波長板4を通して往復することにより光路が変換される構造である。

【0047】これら実施例では、Ti熱拡散法による光導波路について説明したが、例えばイオン交換法等により形成してもよい。また、リッジ型光導波路としてもよい。さらに、光導波路として直線導波路を用いることによって位相変調器を構成することができる。また、バッファ層材料についてもSiO₂の場合について説明したが、アルミナやテフロン等の誘電体や半絶縁体を用いてもよい。進行波型電極としてCPW電極について説明したが、ACPS電極等の電極構造を用いてもよい。

【0048】以上では、z板LiNbO₃基板中の電気光学効果を用いた光制御素子について実施例を示してきたが、個の他にx板やy板のLiNbO₃基板や、他の強誘電体をはじめ、半導体や有機物などの異方性を有する基板の電気光学効果を用いた光制御素子にも本発明の構成は非常に有効であることは言うまでもない。

【0049】

【発明の効果】以上説明したように、電気光学効果を有する光学基板と、光学基板の表面付近に形成された光導波路と、光導波路が形成された光学基板上に配置された進行波型電極とを備え、電極にマイクロ波を印加して誘起される電圧により光導波路と電極との相互作用領域

が形成される偏波無依存光制御素子であって、波長板および反射層を有するとともに光偏波面を実質的に90°前後回転して折り返す折り返し部を光導波路の少なくとも一ヶ所に具備し、かつ光導波路、折り返し光導波路および進行波型電極の長さを、直交する伝搬光モードの相互作用部におけるマイクロ波の実効的な電圧の総和がほぼ一致するように、光導波路や該折り返し光導波路の長さや繰り返し数、および進行波型電極の長さや分割数を設定することにより、入力光の偏波状態によらず、相互作用長を長くすることができるため、駆動電圧を非常に低減することができる。また、マイクロ波と光の位相速度差を補償することができ、従来から高速動作を行うことが可能となる。また、同じ駆動電圧に対して全素子長を短くすることができるため、小型化も図ることができる。また、マイクロ波の伝搬損失によって生じる各偏波モードの実効的な電圧の不均衡を解消することができるため、高速動作においても偏波依存性の無い特性が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】光制御素子としてマッハツェンダ強度光変調器とした本発明の第1の実施例の平面図である。

【図2】図1のA-A'線に沿う断面図である。

【図3】第1の実施例における折り返し光導波路端部近傍の平面図である。

【図4】図1に示すマッハツェンダ強度光変調器の電極に電圧を印加した場合の光出力特性図である。

【図5】2×2光スイッチとした本発明の第2の実施例の平面図である。

【図6】マイクロ波の伝搬損失が無視できない場合の本発明の第3の実施例の平面図である。

【図7】マイクロ波の伝搬損失がある場合のマイクロ波電圧（パワー）の伝搬距離依存性を示す図である。

【図8】図1に示す第1の実施例における入射偏波モード光が受ける実効的な電圧の距離依存性を示す図である。

【図9】図6に示す実施例における入射偏波モード光が受ける実効的な電圧の距離依存性を示す図である。

【図10】マイクロ波の伝搬損失が無視できない場合の光路変換型折り返し光導波路を2回用いた本発明の第4の実施例の平面図である。

【図11】入射偏波モード光が受ける実効的な電圧の距離依存性を示す図である。

【図12】第1、第2、第3および第4の実施例における折り返し光導波路端部近傍の変形例を示す平面図である。

【図13】図12のA-A'線に沿う断面図である。

【図14】第1、第2、第3および第4の実施例における折り返し光導波路端部近傍の他の変形例を示す平面図である。

【図15】従来のマッハツェンダ型強度光変調器の一例

を示す平面図である。

【図16】図15のA-A'線に沿う断面図である。

【図17】図15に示す従来のマッハツェンダ強度光変調器の電極に電圧を印加した場合の光出力特性図である。

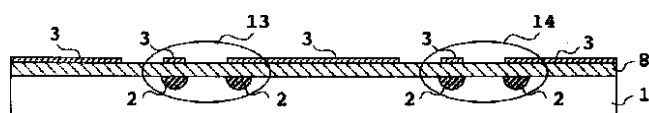
【符号の説明】

- 1 LiNbO₃ 基板
 2 光導波路
 3 進行波型電極
 4 薄膜型1/4波長板
 5 高反射膜
 6 入射光
 7 出射光
 8 SiO₂ パツファ層
 9a、9b マッハツェンダ干渉計を構成する光導波路*

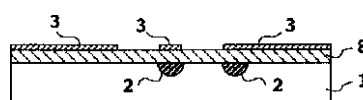
*のY分岐部

- 10 折り返し型光導波路部
 11 マイクロ波給電線
 12 終端抵抗
 13 第1の相互作用領域
 14 第2の相互作用領域
 15 2×2カプラ部
 16 マイクロ波給電線
 17 マイクロ波給電線
 18 第3の相互作用領域
 19 溝
 20 3dBカプラ部
 402 光導波路
 403 光導波路端部

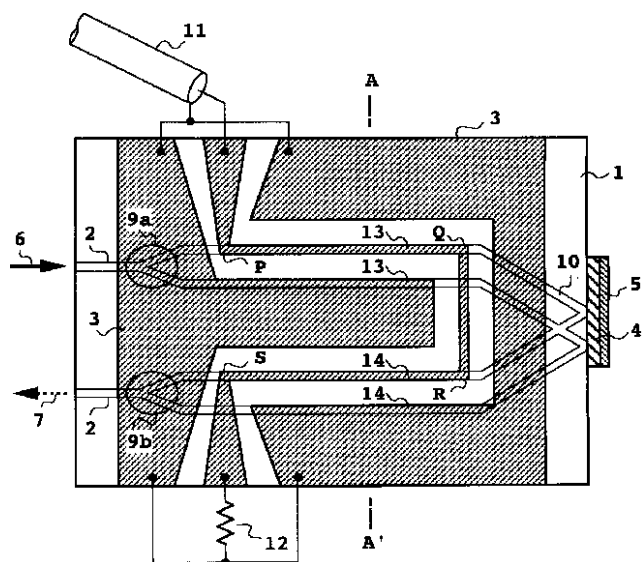
【図2】



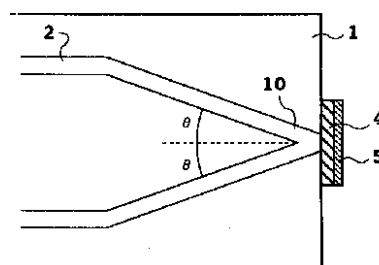
【図16】



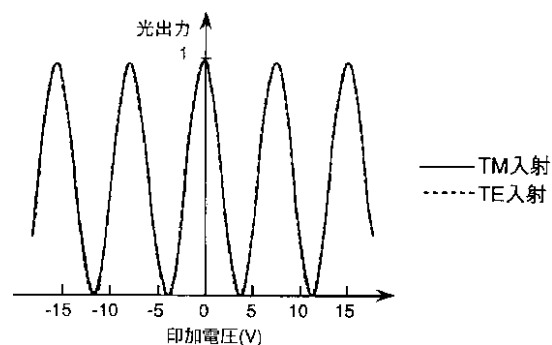
【図1】



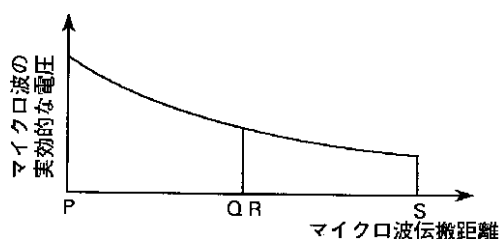
【図3】



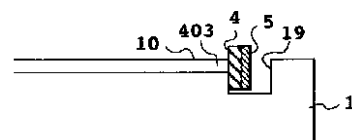
【図4】



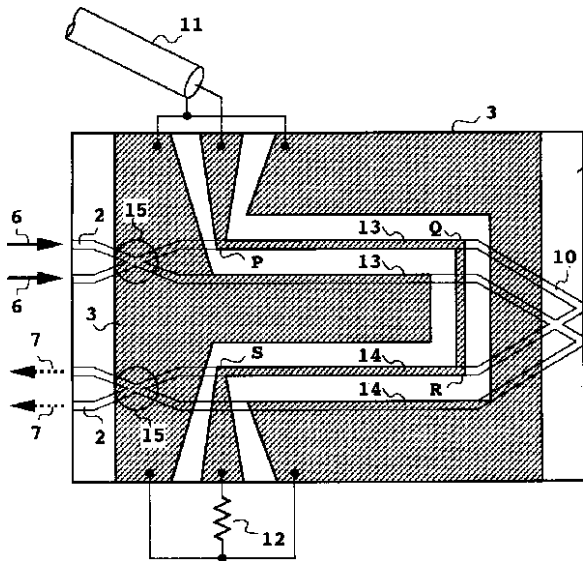
【図7】



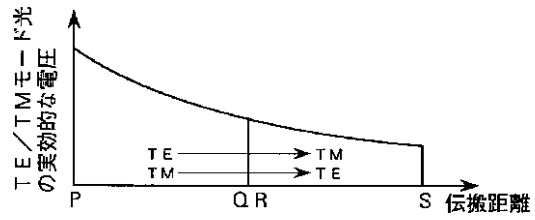
【図13】



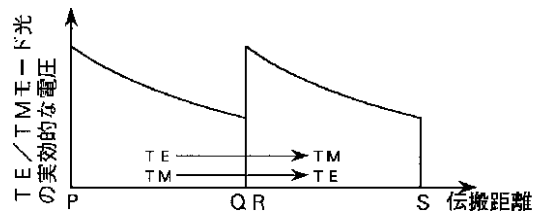
【図5】



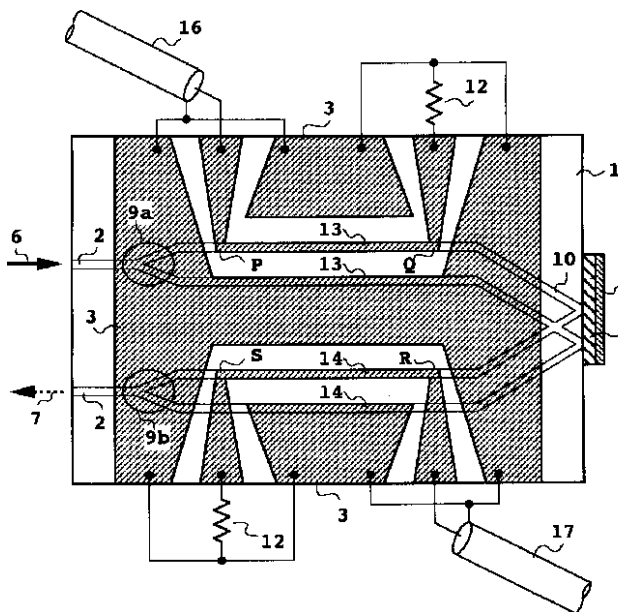
【図8】



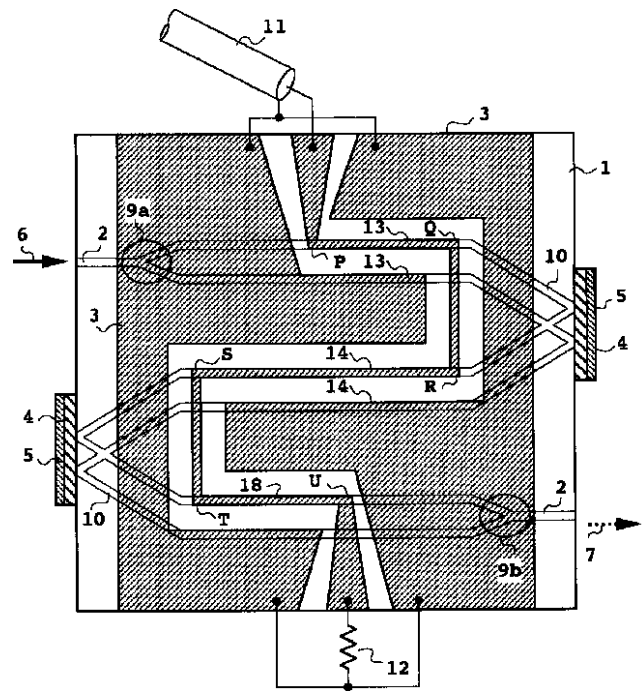
【図9】



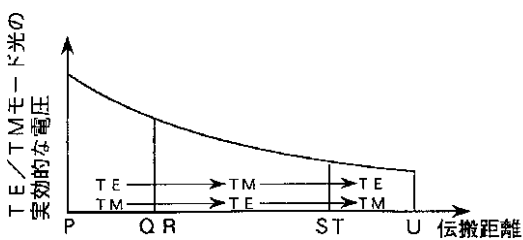
【図6】



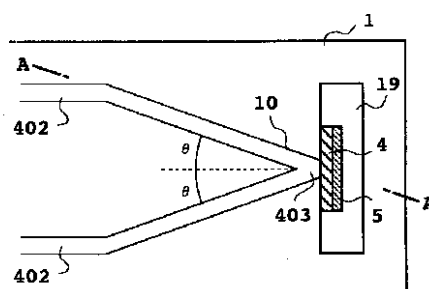
【図10】



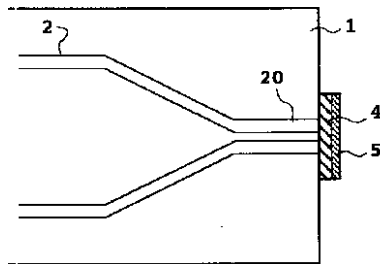
【図11】



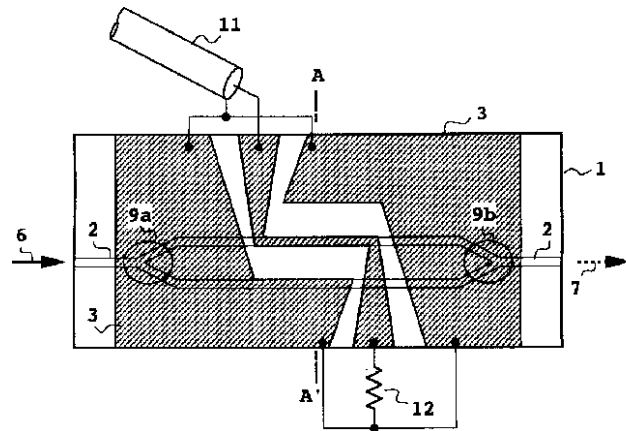
【図12】



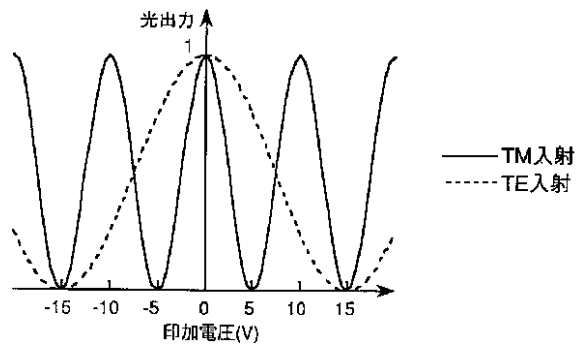
【図14】



【図15】



【図17】



フロントページの続き

(72)発明者 井上 靖之
東京都千代田区内幸町1丁目1番6号
日本電信電話株式会社内
(72)発明者 安藤 慎治
東京都千代田区内幸町1丁目1番6号
日本電信電話株式会社内

(56)参考文献 特開 平4-355714 (JP, A)
特開 平5-232417 (JP, A)
1994年電子情報通信学会春季大会予稿
集 C-339

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)
G02F 1/00 - 1/125
J I C S T ファイル (JOIS)