

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3669999号
(P3669999)

(45) 発行日 平成17年7月13日(2005.7.13)

(24) 登録日 平成17年4月22日(2005.4.22)

(51) Int. Cl.⁷

G02F 1/035

F I

G02F 1/035

請求項の数 10 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2004-86896 (P2004-86896)	(73) 特許権者	000183266
(22) 出願日	平成16年3月24日 (2004.3.24)		住友大阪セメント株式会社
(65) 公開番号	特開2004-318113 (P2004-318113A)		東京都千代田区六番町6番地28
(43) 公開日	平成16年11月11日 (2004.11.11)	(74) 代理人	100116687
審査請求日	平成16年6月16日 (2004.6.16)		弁理士 田村 爾
(31) 優先権主張番号	特願2003-95657 (P2003-95657)	(72) 発明者	横澤 政貴
(32) 優先日	平成15年3月31日 (2003.3.31)		東京都千代田区六番町6番地28 住友大
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		阪セメント株式会社内
早期審査対象出願		(72) 発明者	宮崎 徳一
			東京都千代田区六番町6番地28 住友大
			阪セメント株式会社内
		審査官	三橋 健二

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光変調素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板表面の一部に複数の溝によりリッジ部が形成された基板と、該リッジ部に形成された光導波路と、該光導波路内を通過する光を変調するための信号電極と接地電極とを有する光変調素子において、

該信号電極は、該溝を除いた基板上に形成され、該リッジ部までの信号導入部と該リッジ部の作用部とを有し、該信号電極に係るインピーダンスが、該信号導入部と該作用部との接続部において一致するように構成することを特徴とする光変調素子。

【請求項2】

請求項1に記載の光変調素子において、該インピーダンスを一致させるために、該信号電極の幅と、該信号電極と該接地電極との間隔との比を、該信号導入部と該作用部との間で調整することを特徴とする光変調素子。

【請求項3】

請求項1乃至2のいずれかに記載の光変調素子において、該インピーダンスを一致させるために、該信号電極の近傍の基板の誘電率を、該信号導入部と該作用部との間で調整することを特徴とする光変調素子。

【請求項4】

請求項3に記載の光変調素子において、該誘電率の調整は、該信号電極と該接地電極との間の基板上に形成した溝の深さの調整であることを特徴とする光変調素子。

【請求項5】

10

20

請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の光変調素子において、該インピーダンスを一致させるための構成は、該信号導入部と該作用部との間で、連続的又は段階的に変化していることを特徴とする光変調素子。

【請求項 6】

基板表面の一部に複数の溝によりリッジ部が形成された基板と、該リッジ部に形成された光導波路と、該光導波路内を通過する光を変調するための信号電極と接地電極とを有する光変調素子において、

該信号電極は、該溝を除いた基板上に形成され、該リッジ部までの信号導入部と該リッジ部近傍の作用部とを有し、該信号導入部と該作用部との間に、該信号電極に係るインピーダンス整合線路を形成することを特徴とする光変調素子。

10

【請求項 7】

請求項 6 に記載の光変調素子において、該インピーダンス整合線路のインピーダンスの設定は、該信号電極の幅と、該信号電極と接地電極との間隔との比を調整することにより行なうことを特徴とする光変調素子。

【請求項 8】

請求項 6 又は 7 に記載の光変調素子において、該インピーダンス整合線路のインピーダンスの設定は、該信号電極と該接地電極との間の基板上に形成した溝の深さを調整することにより行なうことを特徴とする光変調素子。

【請求項 9】

請求項 6 乃至 8 のいずれかに記載の光変調素子において、該インピーダンス整合線路のインピーダンスの設定は、該信号導入部と該作用部との間で、連続的又は段階的に変化していることを特徴とする光変調素子。

20

【請求項 10】

請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の光変調素子において、該信号電極の信号導入部の一部に遅延線路部を設け、該遅延線路部と該遅延線路部の前又は後との信号電極に係るインピーダンスを調整することを特徴とする光変調素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光変調素子に関わり、特に、リッジ部が形成された基板を用いた光変調素子に関する。

30

【背景技術】

【0002】

光通信システムや光応用計測技術では、電気光学効果を持つ強誘電体、例えば、ニオブ酸リチウム (LiNbO_3 。以下、LN という) 結晶を利用した光変調器、光スイッチ、あるいは偏波制御器等のような、電気信号により光の変調、スイッチング、偏波制御等を行う光変調素子が用いられている。

光変調素子では、低駆動電圧化や広帯域・高速化などを達成するため、特性インピーダンス整合、マイクロ波と光波との速度整合、さらに、信号電極の導体損失を小さくすることが求められている。

40

【0003】

光変調素子の例として、マッハツェンダー (以下、MZ という) 型光変調器を説明する。

図 1 に示すように、MZ 型光変調器は、LN 基板 1 上に、Ti などの高屈折率材料を熱拡散することにより、光導波路 2, 3, 4 を形成している。光導波路を形成した基板上に、誘電体 SiO_2 等のバッファ層 (不図示) を設け、更に該バッファ層上に信号電極 5、接地電極 6, 6' が形成されている。

入力用の光導波路 2 に入射した光は、Y 字型分岐光導波路により 2 等分され、2 つの光導波路 3 を伝播し、他の Y 字型分岐導波路により合波され、出力用の光導波路 4 介して、変調光を外部に出射するよう構成されている。そして、信号電極 5 には、マイクロ波によ

50

る変調信号が印加され、信号電極 5 及び接地電極 6 , 6 ' が形成する電界により、光導波路 3 を通過する光は変調を受ける。

【 0 0 0 4 】

図 2 は、図 1 の一点鎖線 A における断面を示したものである。例えば、以下の特許文献 1 に示されているように、光導波路 3 は、リッジ部 8 に形成されている。リッジ部の形成方法は、基板 1 をエッチング又はサンドブラスト等で侵食・切削し、基板上に溝を形成することにより行う。なお、7 はバッファ層を示している。

このようなリッジ部を有する光変調素子では、リッジ部内に形成された光導波路を伝播する光波に対して、信号電極と接地電極が形成する電界を効率良く印加することが可能となり、特に、低駆動電圧化に寄与することが知られている。

そして、信号電極に係る特性インピーダンスを適切な値に設定し、マイクロ波の実効屈折率と光導波路を伝播する光の実効屈折率とを適合させると共に、信号電極のマイクロ波減衰定数の値を抑え、低電圧で高速・広帯域の変調動作を可能としている。

【特許文献 1】特開平 10 - 90638 号公報

【 0 0 0 5 】

しかしながら、上記のようなリッジ部は、特に光導波路 3 における変調領域に形成されるため、図 6 に示すように、信号電極 5 は、リッジ部が形成されていない領域と溝 9 によるリッジ部が形成されている変調領域の両方に配線される。そして、点線 B を境に、リッジ部とそれ以外の領域とでは、信号電極 5 に係るインピーダンスが異なるため、信号電極におけるリッジ部の入口又は出口において、電極の反射特性などの電気特性が劣化する。そして、信号電極内で変調信号の多重反射が発生し、電気信号波形が変化し、光変調素子に係る伝送特性の劣化が生じていた。

また、該インピーダンスの不整合により、マイクロ波が効率良くリッジ部の信号電極に伝播しないため、光変調に係る駆動電圧が上昇するという不具合も生じていた。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

本発明が解決しようとする課題は、上述したような問題を解消し、リッジ部を有する光変調素子における特性インピーダンス不整合を緩和し、電気特性を向上させ、さらには伝送特性を改善した光変調素子を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

上記課題を解決するために、請求項 1 に係る発明では、基板表面の一部に複数の溝によりリッジ部が形成された基板と、該リッジ部に形成された光導波路と、該光導波路内を通過する光を変調するための信号電極と接地電極とを有する光変調素子において、該信号電極は、該溝を除いた基板上に形成され、該リッジ部までの信号導入部と該リッジ部の作用部とを有し、該信号電極に係るインピーダンスが、該信号導入部と該作用部との接続部において一致するように構成することを特徴とする。

【 0 0 0 8 】

また、請求項 2 に係る発明では、請求項 1 に記載の光変調素子において、該インピーダンスを一致させるために、該信号電極の幅と、該信号電極と該接地電極との間隔との比を、該信号導入部と該作用部との間で調整することを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

また、請求項 3 に係る発明では、請求項 1 乃至 2 のいずれかに記載の光変調素子において、該インピーダンスを一致させるために、該信号電極の近傍の基板の誘電率を、該信号導入部と該作用部との間で調整することを特徴とする。

【 0 0 1 0 】

また、請求項 4 に係る発明では、請求項 3 に記載の光変調素子において、該誘電率の調整は、該信号電極と該接地電極との間の基板上に形成した溝の深さの調整であることを特徴とする。

10

20

30

40

50

【0011】

また、請求項5に係る発明では、請求項1乃至4のいずれかに記載の光変調素子において、該インピーダンスを一致させるための構成は、該信号導入部と該作用部との間で、連続的又は段階的に変化していることを特徴とする。

【0012】

また、請求項6に係る発明では、基板表面の一部に複数の溝によりリッジ部が形成された基板と、該リッジ部に形成された光導波路と、該光導波路内を通過する光を変調するための信号電極と接地電極とを有する光変調素子において、該信号電極は、該溝を除いた基板上に形成され、該リッジ部までの信号導入部と該リッジ部近傍の作用部とを有し、該信号導入部と該作用部との間に、該信号電極に係るインピーダンス整合線路を形成することを特徴とする。

10

【0013】

また、請求項7に係る発明では、請求項6に記載の光変調素子において、該インピーダンス整合線路のインピーダンスの設定は、該信号電極の幅と、該信号電極と接地電極との間隔との比を調整することにより行なうことを特徴とする。

【0014】

また、請求項8に係る発明では、請求項6又は7に記載の光変調素子において、該インピーダンス整合線路のインピーダンスの設定は、該信号電極と該接地電極との間の基板上に形成した溝の深さを調整することにより行なうことを特徴とする。

【0015】

また、請求項9に係る発明では、請求項6乃至8のいずれかに記載の光変調素子において、該インピーダンス整合線路のインピーダンスの設定は、該信号導入部と該作用部との間で、連続的又は段階的に変化していることを特徴とする。

20

【0016】

また、請求項10に係る発明では、請求項1乃至9のいずれかに記載の光変調素子において、該信号電極の信号導入部の一部に遅延線路部を設け、該遅延線路部と該遅延線路部の前又は後との信号電極に係るインピーダンスを調整することを特徴とする。

【発明の効果】

【0017】

請求項1に係る発明により、信号電極に係るインピーダンスが、信号導入部と作用部とで一致しているため、作用部の入り口における、変調信号であるマイクロ波の反射が緩和され、効率的に信号電極の作用部にマイクロ波を伝播させることが可能となる。

30

【0018】

請求項2に係る発明により、信号電極の幅と、信号電極と接地電極との間隔との比を変化させることにより、電極間の静電容量が変化するため、信号導入部と作用部とにおける、信号電極のインピーダンスを容易に調整することが可能となる。

リッジ部では、基板上に溝が形成され、静電容量が低下しているため、電極間の間隔を狭めて静電容量を高めることが望ましい。

しかも、信号電極の幅や信号電極と接地電極との間隔は、フォトリソグラフィにおける電極形成パターンや、基板上の溝の形成位置を変更するだけで、容易に調整できるため、製造工程が複雑化せず、しかも製造コストの増加もない。

40

【0019】

請求項3に係る発明により、信号電極の近傍にある基板の誘電率は、該信号電極に係るインピーダンスに影響を及ぼすため、該誘電率を変化させることにより、インピーダンスを容易に調整することが可能となる。

なお、誘電率の調整方法としては、基板と異なる誘電率特性を有する物質を、該基板内に拡散する方法がある。具体的には、リッジ部に形成された光導波路の下方、又は信号電極と接地電極との間の基板内に高誘電率材料をドーピングする方法、あるいは、信号電極の信号導入部に、低誘電率材料をドーピングする方法などがある。

【0020】

50

請求項4に係る発明により、基板上に形成した溝の深さを変化させることにより、誘電率を変化させ、容易にインピーダンスを調整することが可能となる。

しかも、基板の深さ調整は、エッチング又はサンドブラスト等で侵食・切削する場所又は時間を調整することで、容易に制御可能であるため、製造工程が複雑化せず、しかも製造コストの増加もない。

【0021】

請求項5に係る発明により、インピーダンスを一致させるための構成として、信号電極の幅、信号電極と接地電極との間隔、誘電率、又は基板の深さなどを調整する際に、これらを連続的又は段階的に変化させることにより、変調信号の反射をさらに抑制することが可能となる。

10

【0022】

請求項6に係る発明により、信号導入部と作用部とにおいて、信号電極に係るインピーダンスが不整合となる場合であっても、両者の接合部にインピーダンス整合線路が形成されているため、信号導入部側から入力されたマイクロ波は、インピーダンス整合線路によりマイクロ波の反射が緩和されているため、効率的に作用部に伝播することが可能となる。

しかも、インピーダンス整合線路を設けるため、作用部における信号電極のインピーダンスは、通常利用される50に限定されず、各種の設計に応じた適切な値が選択可能となる。

【0023】

20

請求項7に係る発明により、光変調素子の製造工程における、信号電極及び接地電極の形成時に、インピーダンス整合線路において、信号電極の幅と、信号電極と接地電極との間隔との比を調整することにより、容易にインピーダンス整合線路が形成できるため、従来の光変調素子の製造工程を変更することなく、容易に製造することが可能となる。

【0024】

請求項8に係る発明により、信号導入部と作用部との間で、リッジ部を形成する溝の深さが徐々に変化するため、信号電極に係るインピーダンスも滑らかに変化することが可能である。

このような溝の形成方法としては、基板上に溝を形成する際に、エッチング又はサンドブラスト等で侵食・切削する場所を徐々に変化させることで、形成することが可能である。

30

【0025】

請求項9に係る発明により、インピーダンス整合線路における信号電極に係るインピーダンスを、連続的又は段階的に、滑らかに変化させ、変調信号の反射をより効果的に抑制することが可能となる。

【0026】

請求項10に係る発明により、信号電極に遅延線路部を設けるため、信号電極の線路長が長くなりインピーダンス不整合を生じる場合であっても、該遅延線路部においてインピーダンスを調整することにより、該信号電極に印加された変調信号が、該遅延線路部で反射されることを抑制することが可能となる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

以下、本発明を好適例を用いて詳細に説明する。

光変調素子を構成する基板としては、電気光学効果を有する材料、例えば、ニオブ酸リチウム (LiNbO_3 ; 以下、LNという)、タンタル酸リチウム (LiTaO_3)、PLZT (ジルコン酸チタン酸鉛ランタン)、及び石英系の材料から構成され、特に、光導波路デバイスとして構成しやすく、かつ異方性が大きいという理由から、 LiNbO_3 結晶、 LiTaO_3 結晶、又は LiNbO_3 及び LiTaO_3 からなる固溶体結晶を用いることが好ましい。本実施例では、ニオブ酸リチウム (LN) を用いた例を中心に説明する。

50

以下では、表面に垂直な方向に電気光学効果により最も効率的に屈折率を変更できる結晶軸の方向を有する基板（いわゆる「Zカット基板」）を中心に説明するが、本発明は、Zカット基板に限られるものではない。したがって、分岐導波路などの光導波路に対する信号電極及び接地電極などの位置関係も、基板の種類に応じて変更されることは言うまでもない。

【0028】

光変調素子の製造方法としては、LN基板の表面を、エッチング又はサンドブラスト等で侵食・切削することにより、基板上に溝を形成する。

次に、LN基板上（リッジ部を含む）にTiを熱拡散させて光導波路を形成し、次いで基板の一部又は全体に渡りパッファ層を設けずに、LN基板上に電極を直接形成する方法や、光導波路中の光の伝搬損失を低減させるために、LN基板上に誘電体SiO₂等のパッファ層を設け、さらにその上にTi・Auの電極パターンの形成及び金メッキ方法などにより数十μmの高さの信号電極及び接地電極を構成して、間接的に当該電極を形成する方法がある。

また、パッファ層上にSiNやSi等の膜体を設けた多層構造とすることも可能である。

一般に、一枚のLNウェハに複数の光変調素子を作り込み、最後に個々の光変調素子のチップに切り離すことにより、光変調素子が製造される。

【0029】

本発明が適用される光変調素子は、上述したように基板表面にリッジ部を有しており、該リッジ部が存在するために、該リッジ部までの信号導入部と該リッジ部の作用部とでは、信号電極に係るインピーダンスが異なるものである。

一般的に、信号電極に係るインピーダンスは、リッジ部の影響により、作用部の方が信号導入部より高いインピーダンスとなる。

本発明における第1の目的は、このようなインピーダンス不整合を解消するため、信号導入部と作用部における信号電極のインピーダンス整合を図ることである。

【0030】

インピーダンスの調整方法としては、信号電極と接地電極との間の静電容量を変更する方法、信号電極が形成されている基板の誘電率を変更する方法などがある。そして、これらの変更は、不連続的に行なうより、連続的又は段階的に、滑らかに変更する方が、変調信号の反射をより効果的に抑制することが可能となる。

【0031】

信号電極と接地電極との間の静電容量を変更する方法について説明する。

信号電極と接地電極との間に発生する静電容量は、各電極間の距離により変化する。このため、インピーダンスを下げるには、逆に静電容量を増加させる必要があるため、各電極間の距離を短くすれば良い。

例えば、図7に示すように、点線Bの右側において、溝33が形成されているため、インピーダンスを下げるため、信号電極31と接地電極32との間の距離を短く構成している。他方、図8に示すように、点線Bの左側において、インピーダンスを上げるため、信号電極41と接地電極42との間の距離を長く構成している。43は溝を示す。

【0032】

信号電極が形成されている基板の誘電率を変更する方法について説明する。

基板の誘電率が変化すると、信号電極が形成する変調電界の多くは基板内を透過しているため、静電容量が変化する。静電容量を低下させるためには変調電界が通過する基板内の材料の誘電率を減少させることが必要である。

基板の誘電率を変更するには、例えば、リッジ部の光導波路が形成されている場所より下方又は周辺の基板を、基板材料より高い誘電率のもので置き換えることにより行う。置き換える場所については、基板の下部全体を高誘電率材料とする方法や、信号電極が形成する変調電界が通過する領域を中心として、高誘電率材料に置き換える方法などがある。

【0033】

10

20

30

40

50

また、信号電極の信号導入部が形成されている基板領域に対して、基板材料より低い誘電率を有する材料で置き換えることにより、信号電極に係るインピーダンスを調整することも可能である。なお、信号電極の信号導入部が形成された基板領域に対し、該基板の厚みを薄くすることで、誘電率を下げることも可能である。

これらの誘電率を変化させる方法としては、LN基板にMgOなどの誘電率の低い材料をドープする方法や、基板の所定領域をエッチングや機械的研磨（サンドブラスタ法や切削法など）により除去して窪みを形成し、該窪みに別の誘電率材料を充填する方法などがある。

【0034】

本発明における第2の目的は、信号導入部と作用部とでは異なるインピーダンスを有する信号電極を、インピーダンス整合線路を介して滑らかに接合することである。 10

インピーダンス整合線路のインピーダンス値 Z は、信号導入部の信号電極のインピーダンス値 Z_1 と、作用部の信号電極のインピーダンス値 Z_2 との間の値を設定することにより、信号電極の異なるインピーダンスによるマイクロ波の反射を抑制している。

好ましくは、式 $Z = (Z_1 \times Z_2)^{1/2}$ で表される値とするか、 Z_1 と Z_2 との間の値を滑らかに変化するような値を設定し、整合線路の高周波における実効長を信号の1/4波長に設定することが望ましい。また整合線路部を多段の変換部としてもよい。

【0035】

インピーダンス整合線路のインピーダンス値を所定の値にする設定する方法として、信号電極の線幅の調整により行なうことも可能であり、この場合には、信号電極の形成時のマスクパターンを調整することで、簡単にインピーダンス整合線路が形成できる。 20

また、図3に示すように、信号電極11と接地電極12との間隔を、間隔aから間隔bへ、10のようにテーパ状に変化させ、インピーダンス整合線路を形成することも可能である。なお、図3の13はリッジ部を形成するための溝の位置を示す。

【0036】

更に、インピーダンス整合線路として、信号電極の線幅を変更する方法、及び信号電極と接地電極との間隔を変更する方法を、図4のように組合わせて用いることも可能である。図4では、信号電極の線幅を、幅cから幅dに変化させると共に、信号電極と接地電極との間隔を、間隔eから間隔fに、連続的に変化させている。

なお、インピーダンス整合線路の形状は、上述したように連続的に変化させるものに限らず、階段状に、段階的に変化させても良い。 30

【0037】

インピーダンス整合線路の他の例として、信号電極と接地電極との間の基板上に形成した溝の深さを調整することにより、インピーダンス整合線路を形成することも可能である。

例えば、図5に示すように、リッジ部の横に形成された溝23の端部近傍20において、溝の深さを徐々に浅くなるように構成することにより、信号電極21に係るインピーダンスを連続的に変化させることが可能となる。なお、図5の22は、接地電極を示す。

このような溝の形成方法としては、基板上に溝を形成する際に、エッチング又はサンドブラスタ等で侵食・切削する場所を徐々に変化させることで、形成することが可能である。 40

【0038】

例えば、2つの信号電極を有するデュアル型光変調素子では、各信号電極において、作用部を伝播するマイクロ波の位相を調整するための遅延線路部分が設けられている。このように、遅延線路部分が形成される場合には、信号電極の信号導入部が長くなるため、インピーダンス不整合の影響を受けやすい。

このため、図9に示すように、遅延線路部51'と該遅延線路部の前又は後との信号電極に係るインピーダンスを整合させるよう調整することが望ましい。56は溝を示す。

インピーダンス整合方法としては、上述したようなインピーダンス調整を行なう方法やインピーダンス整合線路を設ける方法が利用できる。図9では、点線Cで示す領域におい 50

て、図3で示したものと同様に、信号電極51と接地電極53, 54との間隔を、テーパ状に変化させてインピーダンス整合線路を形成したものである。なお、必要に応じて、信号電極52と接地電極54, 55との間隔も、同様にインピーダンス整合線路を形成することも可能である。

このように、遅延線路部においてインピーダンス整合を行うことにより、信号電極に印加されたマイクロ波が、遅延線路部で反射・減衰することを抑制することが可能となる。

【産業上の利用可能性】

【0039】

以上説明したように、本発明によれば、リッジ部を有する光変調素子における特性インピーダンス不整合を緩和し、電気特性を向上させ、さらには伝送特性を改善した光変調素子を提供することが可能となる。

10

【図面の簡単な説明】

【0040】

【図1】マツハツェンダー型光変調素子の斜視図である。

【図2】図1に示した光変調素子の断面図である。

【図3】電極間の間隔を利用したインピーダンス整合線路の一例を示す図である。

【図4】電極の線幅及び電極間の間隔を利用したインピーダンス整合線路の一例を示す図である。

【図5】基板の溝の深さを利用したインピーダンス整合線路の一例を示す図である。

【図6】従来のリッジ部近傍の電極の状態を示す図である。

20

【図7】電極間の間隔を利用してインピーダンスを整合させる例を示す図である。

【図8】電極間の間隔を利用してインピーダンスを整合させる他の例を示す図である。

【図9】遅延線路部とリッジ部との近傍の電極の状態を示す図である。

【符号の説明】

【0041】

1 基板

2, 3, 4 光導波路

5, 11, 21 信号電極

6, 12, 22 接地電極

7 バッファ層

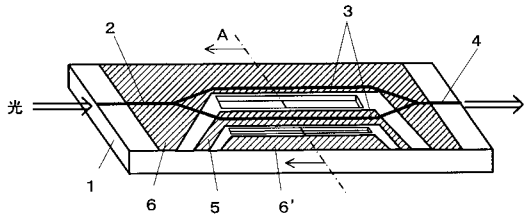
30

8 リッジ部

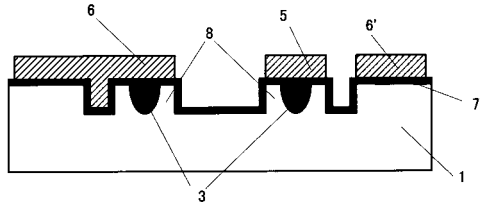
13, 23 溝

51' 遅延線路部

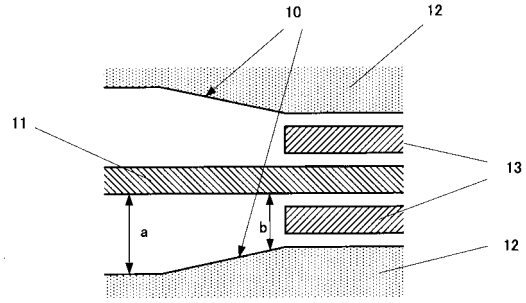
【 図 1 】



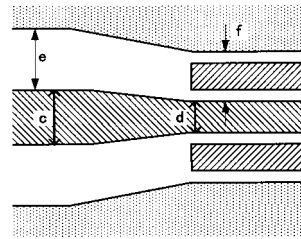
【 図 2 】



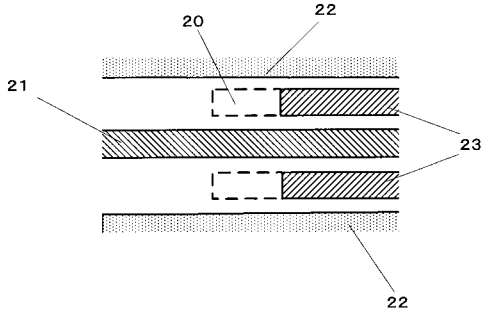
【 図 3 】



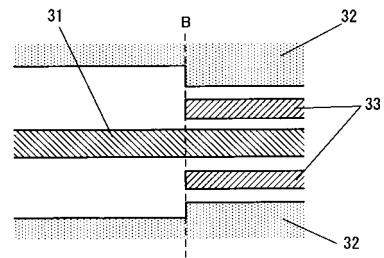
【 図 4 】



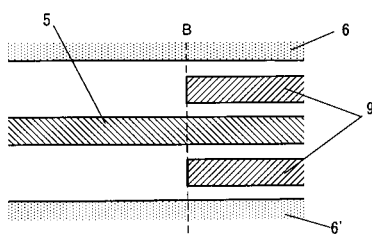
【 図 5 】



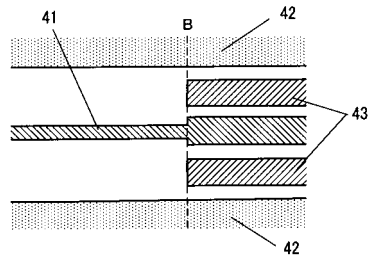
【 図 7 】



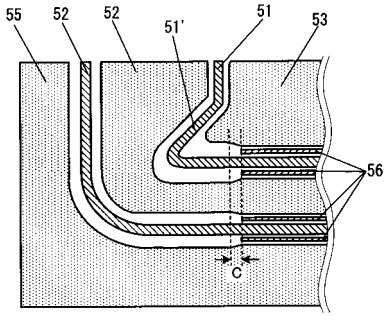
【 図 6 】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平06-308437(JP,A)
特開平06-130338(JP,A)
特開平10-274758(JP,A)
特開2001-174765(JP,A)
特開平11-125728(JP,A)
特開2002-169133(JP,A)
特開2001-051245(JP,A)
特開2004-070136(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)
G02F 1/035
JICSTファイル(JOIS)