(19)日本国特許庁(JP)　(12)特 許 公 報(B2)　(11)特許番号
特許第4523005号
(P4523005)

(45)発行日 平成22年8月11日(2010.8.11)　(24)登録日 平成22年6月4日(2010.6.4)

(51)Int.Cl.　F I
G02F 1/025 (2006.01)　G02F 1/025

請求項の数 14 (全 12 頁)

(21)出願番号	特願2006-537401 (P2006-537401)	(73)特許権者	506148707 フィルトロニク パブリック リミテッド カンパニー イギリス国，ＢＤ１８ ３ＴＴ ウェスト ヨークシャー，シプレイ，ソルテア，ソルツ ミル ロード，ザ ウォーターフロント
(86)(22)出願日	平成16年10月27日 (2004.10.27)	(74)代理人	100089118 弁理士 酒井 宏明
(65)公表番号	特表2007-510180 (P2007-510180A)	(72)発明者	クーヴァー，アトゥール イギリス国，ＤＬ３ ０ＢＱ ダーリントン，クロウベック コート ３
(43)公表日	平成19年4月19日 (2007.4.19)	(72)発明者	ジョウ，イー イギリス国，ＤＬ３ ８ＮＥ ダーリントン，ネヴィル ロード ７２
(86)国際出願番号	PCT/GB2004/004515		
(87)国際公開番号	WO2005/052681		
(87)国際公開日	平成17年6月9日 (2005.6.9)		
審査請求日	平成19年9月12日 (2007.9.12)		
(31)優先権主張番号	0325095.8		
(32)優先日	平成15年10月28日 (2003.10.28)		
(33)優先権主張国	英国 (GB)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】共平面導波管線路

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

表面および裏面を有する基板と、

前記基板の前記表面上にある中央電極ストリップと、

前記中央電極ストリップに対して互いに反対側に配置され、かつ前記中央電極ストリップに平行に延びている、第１および第２の電極ストリップと、

前記基板の前記表面上にある第１および第２の光導波路であって、前記第１の電極ストリップおよび中央電極ストリップのあいだに配置され、かつそれらに平行に延びている前記光導波路を備え、

前記中央電極は前記第１の光導波路の近傍に延びている少なくとも１つのＴ－レールを備え、

前記第１の電極は前記第２の光導波路の近傍に延びている少なくとも１つのＴ－レールを備え、

前記基板は前記第１および第２の光導波路間に延びているｎ+導電層を備え、

さらに、第１および第２の電極ストリップの間の電気接続を備える共平面導波管線路。

【請求項２】

前記第１および前記第２の電極ストリップの間の電気的接続はエアーブリッジであることを特徴とする請求項１に記載の共平面導波管線路。

【請求項３】

前記電気的接続は、前記第１および第２の電極ストリップ間でワイヤボンディングされ

ていることを特徴とする請求項１に記載の共平面導波管線路。

【請求項４】

前記第１および第２の電極ストリップ間の前記電気的接続は、前記基板の前記裏面を通って延びていることを特徴とする請求項１に記載の共平面導波管線路。

【請求項５】

前記第１および第２の電極ストリップ間に複数の電気的接続を有することを特徴とする請求項１～４のいずれか一項に記載の共平面導波管線路。

【請求項６】

前記電気的接続は等間隔であることを特徴とする請求項５に記載の共平面導波管線路。

【請求項７】

前記中央電極ストリップおよび前記第１の電極ストリップの少なくとも一方は、複数のＴ－レールを備えたことを特徴とする請求項１～６のいずれか一項に記載の共平面導波管線路。

【請求項８】

前記Ｔ－レールは等間隔であることを特徴とする請求項７に記載の共平面導波管線路。

【請求項９】

前記Ｔ－レールは、当該Ｔ－レールに隣接する前記電極ストリップにエアーブリッジにより電気的に接続された導電パッドを備えたことを特徴とする請求項１～８のいずれか一項に記載の共平面導波管線路。

【請求項１０】

前記第１の光導波路に隣接して伸びている前記Ｔ－レールの導電パッドは前記第１の光導波路に当接し、前記第２の光導波路に隣接して伸びている前記Ｔ－レールの導電パッドは前記第２の光導波路に当接していることを特徴とする請求項９に記載の共平面導波管線路。

【請求項１１】

前記基板は、前記第１の電極ストリップと前記第２の光導波路の間の前記ｎ+導電層を通って延びる分離溝を備えたことを特徴とする請求項１～１０のいずれか一項に記載の共平面導波管線路。

【請求項１２】

前記基板は、前記中央電極ストリップと前記第１の光導波路の間の前記ｎ+導電層を通って延びる分離溝を備えたことを特徴とする請求項１～１１のいずれか一項に記載の共平面導波管線路。

【請求項１３】

前記基板は、前記中央電極ストリップと前記第２の電極ストリップの間の前記ｎ+導電層を通って延びる分離溝を備えたことを特徴とする請求項１～１２のいずれか一項に記載の共平面導波管線路。

【請求項１４】

請求項１～１３のいずれか一項に記載の共平面導波管線路を備えたことを特徴とするマッハツェンダ変調器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、本発明は共平面導波管線路に関するものである。本発明はまた、そのような共平面導波管線路を備えたマッハツェンダ（Ｍａｃｈ－Ｚｅｈｎｄｅｒ）変調器に関するものである。

【背景技術】

【０００２】

マッハツェンダ変調器を高額信号の減衰器として使用することは周知である。非特許文献（アイトリプルイー・トランザクションズ・オン・マイクロウェーブ・セオリー・アンド・テクニークス第４７巻第７号１９９９年７月号）はそのような装置の動作の背景的検

討を提供している。

【０００３】

そのような変調器の帯域幅は装置を通過する光波とマイクロ波の間の伝搬速度の不整合に反比例する。典型的には、ガリウムヒ素のような基板を用いるときに、マイクロ波の速度を遅くして光波の速度に整合させて装置の帯域幅を広げようとすることが試みられる。ニオブ酸リチウム基板では逆のことが行われる。

【０００４】

既知の共平面導波管線路は中央電極ストリップと、この中央電極ストリップのそれぞれの側の第１および第２の電極ストリップとを備える。使用時は、第１および第２の電極ストリップは中央電極ストリップとは反対の同じ極性を持つ。中央電極ストリップの両側からＴ－レールが第１および第２の光導波路の近くまで延びており、遅波効果を与える。

【０００５】

そのような共平面導波管線路は一般に未ドープ・エピタキシャル層とともに用いられる。これの利点はマイクロ波の損失が非常に低損失であることにある。しかしながら、光波とマイクロ波の間の重なりにより駆動電圧が高くなければならない。

【０００６】

非対称共平面ストリップ線路も遅波構造として用いられる。非対称共平面ストリップは中央電極ストリップを欠いている。光導波路は第１および第２の平行電極ストリップの間に配置され、これらの平行電極ストリップは使用時に反対の極性を有する。Ｔ－レールがこれらストリップから導波路に延びている。

【０００７】

【非特許文献１】アイトリプルイー・トランザクションズ・オン・マイクロウェーブ・セオリー・アンド・テクニークス第４７巻第７号１９９９年７月号（ＩＥＥＥ Ｔｒａｎｓａｃｔｉｏｎｓ ｏｎ Ｍｉｃｒｏｗａｖｅ Ｔｈｅｏｒｙ ａｎｄ Ｔｅｃｈｎｉｑｕｅｓ、Ｖｏｌｕｍｅ ４７，Ｎｏ．７，Ｊｕｌｙ １９９９）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００８】

共平面導波管線路を用いた場合と異なり、非対称共平面ストリップは、導波路間に延びている$ｎ^{+}$導電層を含む基板上で用いられる。導電層を使用すると駆動電圧は低減されるが、マイクロ波損失は増加する。

【０００９】

当技術においては、$ｎ^{+}$導電層を共平面導波路のエピタキシャル層に含めないことが知られている。これにより光波とマイクロ波の重なりが改善される（それにより駆動電圧が低下する）ものの、この結果、キャパシタンスが超過し、真のプッシュ・プル動作が不可能になる。

【課題を解決するための手段】

【００１０】

従って、一態様において、本発明は、共平面導波管線路であって、

基板と、

前記基板上の中央電極ストリップと、

前記中央電極ストリップの反対側に配置され、かつそれらに平行に延びている、第１および第２の電極ストリップと、

前記基板上の第１および第２の光導波路であって、前記第１および第２の電極ストリップのあいだに配置され、かつそれらに平行に延びている前記光導波路を備え、

前記中央電極は前記第１の光導波路の近傍に延びている少なくとも１つのＴ－レールを備え、

前記第１の電極は前記第２の光導波路の近傍に延びている少なくとも１つのＴ－レールを備え、

前記基板は前記光導波路間に延びている$ｎ^{+}$導電層を備え、

前記共平面導波管線路は、さらに、第１および第２の電極ストリップの間の電気接続を備える共平面導波管線路を提供する。

【００１１】

本発明による共平面導波路の利点は、既知の共平面導波路の低マイクロ波損失を非対称共平面ストリップとｎ$^{+}$導電層との組合せの低駆動電圧に組み合わせたことにある。さらに、Ｔ－レールは中央電極の一方の側にのみ追加されるので、キャパシタンスを半分にすることが可能であり、伝送線路の設計の自由度がより大きくなり、かつ伝送線路をＭＭＩＣ伝送線路設計に適用することが可能になる。

【００１２】

さらに、共平面導波路と非対称共平面ストリップの間またはその逆の伝送に不連続性が存在することが知られている。これは、往々にして、装置の設計の際に、共平面導波路または非対称共平面ストリップの選択を限定することがある。本発明の共平面導波管線路と既知の導波路構造との間にはそのような不連続性は存在しない。

【００１３】

好ましくは、第１および第２の電極ストリップの間の電気的接続はエアーブリッジ（ａｉｒｂｒｉｄｇｅ）である。この電気的接続は第１および第２の電極ストリップ間でワイヤボンディングすることが可能である。第１および第２の電極間の電気的接続は基板の裏面を通すことが可能である。そのような接続手段は、第１及び第２の電極ストリップを接続する、信頼性に富む比較的簡単な手段を提供する。

【００１４】

好ましくは、共平面導波管線路は第１および第２の電極ストリップ間の複数の電気的接続を備え、これらの電気的接続は等間隔であることが好ましい。そのような多接続により、共平面導波路のキャパシタンスの負荷が不平衡であってもその影響が最小限になる。

【００１５】

好ましくは、中央電極ストリップと第１の電極ストリップの少なくとも一方は複数のＴ－レール、好ましくは等間隔に設けたものを備える。

【００１６】

Ｔ－レールは対応する電極ストリップにブリッジで接続された導体パッドを備える。好ましくは、導体パッドは光導波路に当接する。これにより、光波とマイクロ波の良好な重なりが保証される。

【００１７】

基板は第１の分離溝を備えることが可能であり、この分離溝は第１の電極ストリップと光導波路の間のｎ$^{+}$導電層を通って延びている。基板は第２の分離溝を備えることが可能であり、この分離溝は中央電極ストリップと光導波路の間のｎ$^{+}$導電層を通って延びている。基板は第３の第２の分離溝を備えることが可能であり、この分離溝は中央電極ストリップと第２の電極ストリップの間のｎ$^{+}$導電層を通って延びている。

【００１８】

本発明のさらなる態様において、本発明の共平面導波路を含むマッハツェンダ変調器が提供される。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１９】

以下に、添付図面を参照して本発明を例示的にのみ、そして如何なる意味においても非限定的に説明する。

【００２０】

図１ａおよび図１ｂに概略形状で示されているのはマッハツェンダ変調器（１）である。マッハツェンダ変調器（１）は入力および出力光導波路（２、３）と、それらの間に延びている２つの光路（４、５）とを備えている。２つの光路（４、５）は実質的に等しい長さである。

【００２１】

使用時、コヒーレント光線をマッハツェンダ変調器（１）に導入する。この光線はほぼ

等しい半分同士に分割され、２つの別個の経路（４、５）を通って出力導波路（３）に至る。光線は出力導波路（３）において再結合してから装置を出る。これら２つの経路が同じ長さであると仮定すると、２つの光線が再結合すると、それらは同位相であり、得られた出力光は入力光と同じ強度である。

【００２２】

マッハツェンダ変調器（１）のアーム（４、５）の一方に（図１ｂに示すように）位相シフトを導入すると、２つの光線が再結合すると、それらは少し位相がずれる。この結果、出力光の強度が図示のように減少する。

【００２３】

マッハツェンダ変調器のアーム（４、５）に位相シフトを導入する慣用方法が概略の形で図２に示されている。マッハツェンダ変調器（１）のアーム（４、５）のそれぞれのごく近傍に導電性電極ストリップ（６、７）がある。マイクロ波発生器（８）を電極ストリップ（６、７）に接続し、生じた電磁場がアーム（４、５）を通過する光と相互作用して光の位相を変化させる。図示のように、電極ストリップ（６、７）をプッシュ／プル構成で接続して２つの電極ストリップ（６、７）に印加される電圧の位相が１８０度ずれるようにするのが普通である。これにより、電磁波の位相変化効果が最大となる。

【００２４】

マッハツェンダ変調器（１）の帯域は電極ストリップ（６、７）に沿うマイクロ波とマッハツェンダ変調器（１）のアーム（４、５）に沿う光波の間の伝搬速度の不整合により限定される。この帯域は下式により与えられる。

【００２５】

【数１】

$$\Delta f_{3dB/TT} = \frac{1.4c_{ph}}{\pi(n_{opt}-n_{mw})L_T}$$

【００２６】

ＧａＡｓに対して、n_{opt}　２．６４、n_{mw}　３．３４、そしてL_T＝０．０１メートルであり、　１９ＧＨｚの３ｄＢ帯域が得られる。

【００２７】

この問題を克服するために、そしてマッハツェンダ変調器（１）の帯域を広げるために、典型的には、装置を通るマイクロ波の伝搬速度を低減することが試みられる。本質的に、既知の遅波導波路構造の２つの形態－共平面導波管線路（９）および非対称共平面ストリップ線路（１０）がある。

【００２８】

図３に斜視図が示されているのは既知の非対称共平面ストリップ（ＡＣＰＳ）（１０）である。ＡＣＰＳ（１０）は基板（１１）を備え、基板（１１）上に第１および第２のストリップ電極（１２、１３）が配置されている。ストリップ電極（１２、１３）の間に配置され、かつそれらに平行に延びているのは第１および第２の光導波路（１４、１５）である。Ｔ－レール（１６）がストリップ電極（１２、１３）から光導波路（１４、１５）の近傍に延びている。各Ｔ－レール（１６）は光導波路（１４、１５）と当接する導電パッド（１７）と、導電パッド（１７）と対応するストリップ電極（１２、１３）の間に延びているエアーブリッジ（１８）とを備えている。

【００２９】

基板（１１）内にはn^{+}導電層がある。図４から分かるように、n^{+}導電層（１９）は光導波路（１４、１５）の間に延びており、それらの間の電気的接続を提供している。分離溝（２０、２１）が図示のように光導波路の両側でn^{+}導電層（１９）を通って延びている。n^{+}導電層（１９）は電極ストリップ（１２、１３）の下方に延びている。

【００３０】

図５は図３および図４の非対称共平面ストリップ（１０）を平面図で示す。両電極スト

リップ（１２、１３）は、関連する光導波路（１４、１５）まで延びている複数のＴ－レールを（１６）を備えている。Ｔ－レール（１６）は等間隔である。Ｔ－レール（１６）はマイクロ波を遅らせ、帯域を増加させる。

【００３１】

n^+ 導電層（１９）の存在するため、非対称共平面ストリップ（１０）は低駆動電圧しか必要としない。しかしながら、それらはマイクロ波損失特性が悪い傾向がある。

【００３２】

図６に断面図で示したのは、既知の共平面導波管線路（９）である。共平面導波管線路（９）はＧａＡｓ基板（１１）を備える。基板（１１）上には、両側に第１および第２の電極ストリップ（１２、１３）を有する中央電極ストリップ（２２）が配置されている。第１および第２の光導波路は第１の電極ストリップ（１２）と中央電極ストリップ（２２）の間、および中央電極ストリップ（２２）と第２の電極ストリップ（１３）の間にそれぞれ配置されている。Ｔ－レール（１６）は中央電極ストリップ（２２）の両側から延びており、また第１および第２の電極ストリップ（１２、１３）の両方から延びている。第２の電極ストリップ（１３）および中央電極ストリップ（２２）からのＴ－レール（１６）は図示のように光導波路（１４、１５）に当接する。ＧａＡｓ基板（１１）は n^+ 導電層を含まない。

【００３３】

n^+ 導電層が存在しない種、共平面導波管線路（９）はマイクロ波損失が非常に低い。しかしながら、駆動電圧は光波とマイクロ波の重なりが悪いため、かなり高くなければならない。

【００３４】

共平面導波管線路（９）は図７に平面図で示すが、図７はＴ－レール（１６）の反復的性質を示している。

【００３５】

図８に示したのは本発明による共平面導波管線路（９）の断面図である。共平面導波管線路（９）は n^+ 導電層（１９）を埋設したＧａＡｓ基板（１１）を備える。基板（１１）上に配置されているのは中央電極ストリップ（２２）と、中央電極ストリップ（２２）のそれぞれの側にあり、かつそれに向かって延びている第１および第２の電極ストリップ（１２、１３）である。２つの平行な光導波路（１４、１５）が第１の電極ストリップ（１２）と中央電極ストリップ（２２）の間にそれらに平行に延びている。Ｔ－レール（１６）が第１の電極ストリップ（１２）と中央電極ストリップ（２２）から図示のように光導波路（１４、１５）に延びている。n^+ 導電層（１９）がこれら２つの光導波路（１４、１５）の下方に延びている。第１および第２の分離溝（２０、２１）が、図示のように、光導波路（１４、１５）のそれぞれの側へ n^+ 導電層（１９）を通って延びている。第１および第２の電極ストリップ（１２、１３）はワイヤボンディング（２３）により相互に接続されている。さらなる（図示しない）実施形態では、第１および第２の電極ストリップ（１２、１３）はエアーブリッジにより接続されている。

【００３６】

本発明による共平面導波管線路（９）のさらなる実施形態を図９に示す。この実施形態の共平面導波管線路（９）は、図示のように、n^+ 導電層（１９）が中央電極ストリップ（２２）の下方から第２の電極ストリップ（１３）に延びている以外は前述の実施形態と同様である。しかしながら、前述の実施形態のように、n^+ 導電層（１９）のこの延長部は光導波路（１４、１５）の下の n^+ 導電層（１９）から第２の分離溝（２１）により分離されている。第３の分離溝（２４）が第２の電極ストリップ（１３）と中央電極ストリップ（２２）との間で n^+ 導電層（１９）を通って延びている。

【００３７】

図１０に示されているのは、図９の共平面導波管線路（９）の平面図である。この図は電極ストリップ（１２、２２）に沿うＴ－レールの反復性を示す。第１および第２の電極ストリップ（１２、１３）は複数のエアーブリッジ（２５）により電気的に接続され、エ

アーブリッジ（２５）は実質的に等間隔である。別の実施形態では、第１および第２の電極ストリップ（１２、１３）はワイヤボンディング（２３）により電気的に接続されている。

【００３８】

図１１に示されているのは、本発明による共平面導波管線路（９）のさらなる実施形態である。この実施形態は第１および第２の電極ストリップ（１２、１３）が基板を通って延びている電気的接続（２６）により接続されている事以外は図８に示す実施形態と同様である。

【００３９】

図１２および図１３に示されているのは本発明による共平面導波管線路の性能に関するデータである。

【００４０】

共平面導波管線路の測定されたＳパラメータのＳ１１およびＳ２１の大きさを図１２および図１３にそれぞれ示す。図１２および図１３では、２つの曲線（ｐｌｏｔｓ）間の大きな差は接地ストラップが存在するか否かである。図１３では、接地ストラップなしのＣＰＷに対するＳ１１スペクトルに、周波数が増加されたときに、強い共鳴が規則的に現れる。これらの共鳴は、図１２に示すＣＰＷに対するＳ２１スペクトルにおけるリップルに相当する。これらの共鳴は第１および第２の電極ストリップの間をストラッピングすると消失した。接地ストラッピングを用いることでＳ２１では３０Ｇｈｚまでの滑らかな共鳴およびＳ１１では低い反射が実現された。

【００４１】

第１および第２の電極ストリップ（１２、１３）の間に延びている電気接点は、中央電極ストリップ（２２）の非対称な容量性負荷により共平面導波管線路の性能が不平衡になることがないようにしている。

【００４２】

本発明の共平面導波管線路（９）は既知の共平面導波管線路および非対称共平面ストリップに対して多くの利点を有する。中央電極ストリップ（２２）の一面のみにＴ－レール（１６）により容量性負荷が与えられているので、これにより、伝送線路設計の選択の幅が大きくなり、伝送線路がＭＭＩＣ伝送線路設計に適用し得るものになる。加えて、共平面導波管線路（９）はマイクロ波損失が少ないことと、駆動電圧が低く高速であるという利点を併せ持っている。また、ドープまたは非ドープ・エピタキシャル層上の共平面導波路と非対称共平面ストリップの間の選択をすべきときに制限がない。

【図面の簡単な説明】

【００４３】

【図１ａ】マッハツェンダ変調器を示す概略図である。

【図１ｂ】マッハツェンダ変調器を示す概略図である。

【図２】マッハツェンダ変調器および付随する電極ストリップのさらなる概略図である。

【図３】既知の非対称共平面ストリップを示す斜視図である。

【図４】図３の非対称共平面ストリップを示す断面図である。

【図５】図３および図４の非対称共平面ストリップを示す平面図である。

【図６】既知の共平面導波路ストリップを示す断面図である。

【図７】図６の共平面導波路ストリップを示す平面図である。

【図８】本発明による共平面導波管線路の第１の実施形態を示す断面図である。

【図９】本発明による共平面導波管線路の第２の実施形態を示す断面図である。

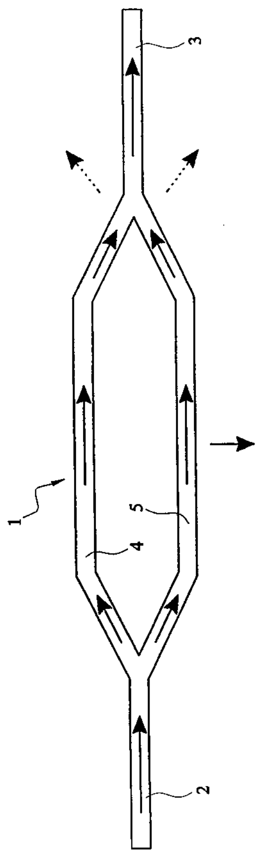
【図１０】図９の共平面導波管線路を示す平面図である。

【図１１】本発明による共平面導波管線路のさらなる実施形態を示す図である。

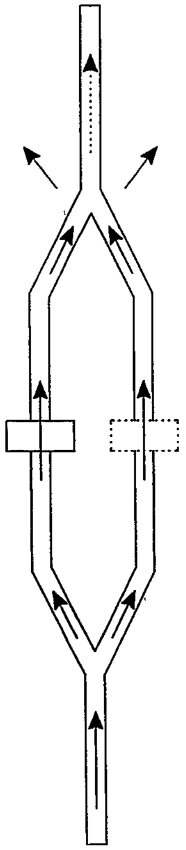
【図１２】本発明による共平面導波管線路の性能データを示す図である。

【図１３】本発明による共平面導波管線路の性能データを示す図である。

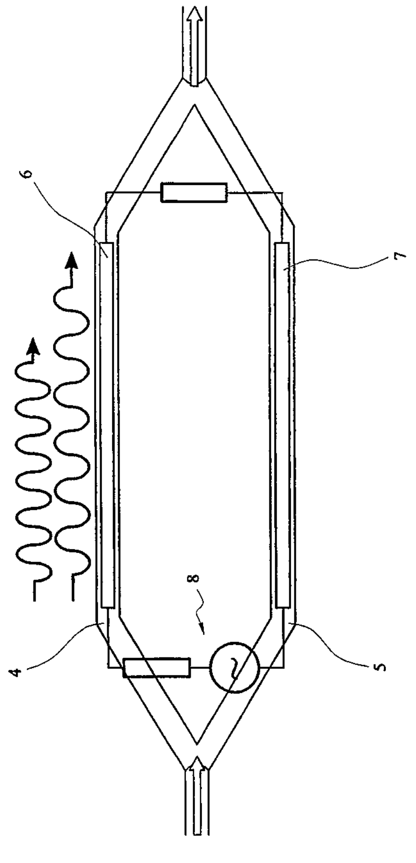
【図１ａ】



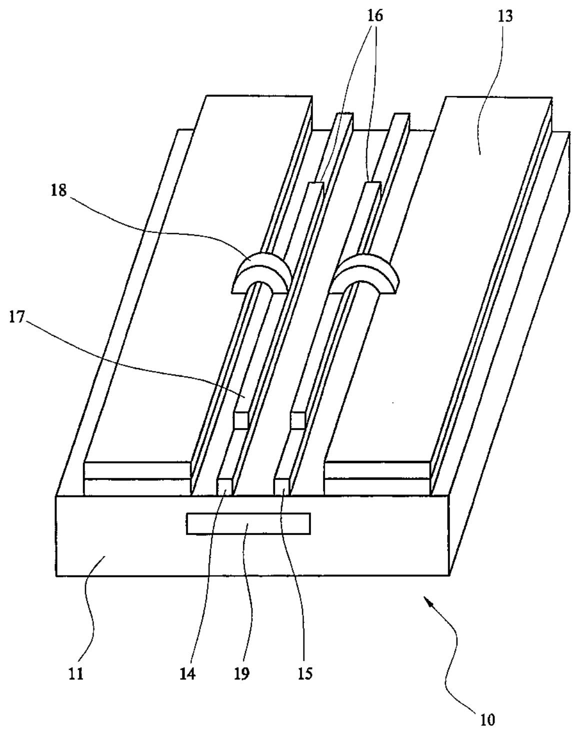
【図１ｂ】



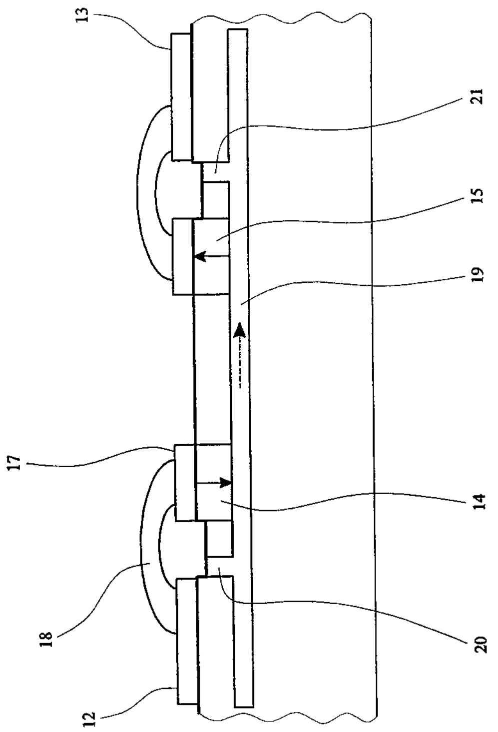
【図２】



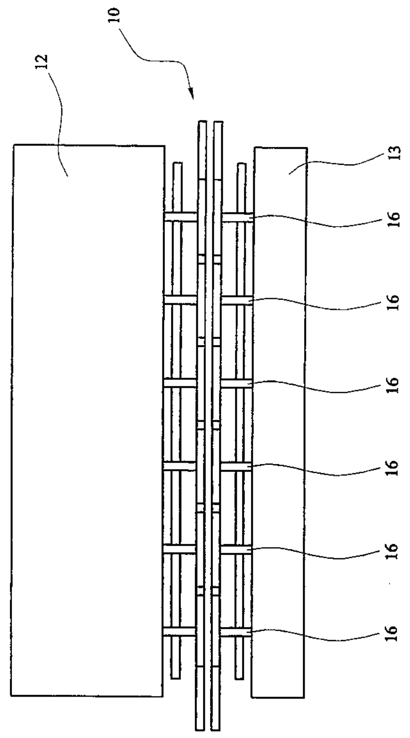
【図３】



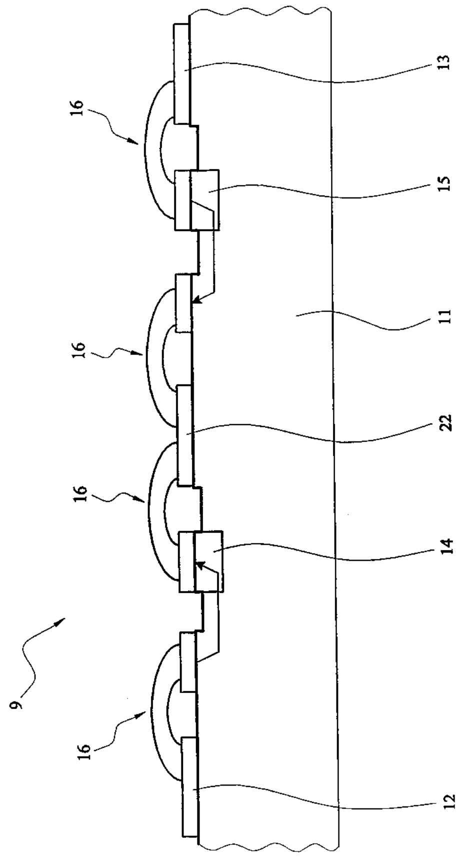
【図４】


13
21
15
19
17
14
18
20
12

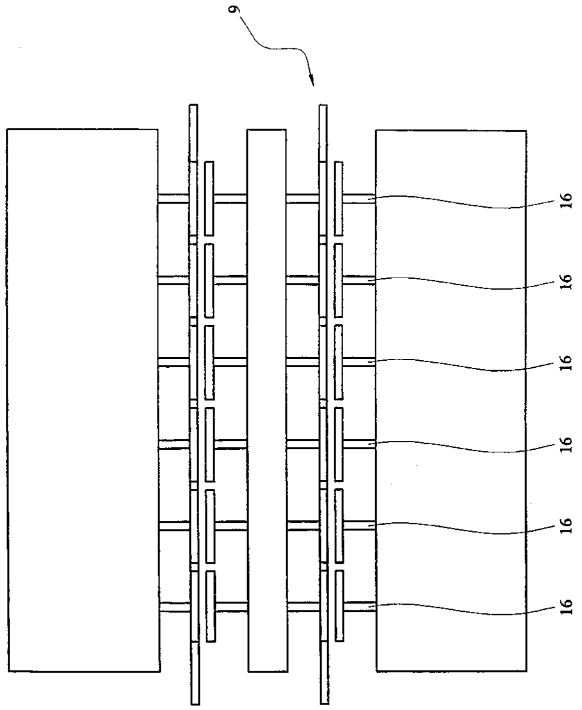
【図５】


10
12
13
16
16
16
16
16
16

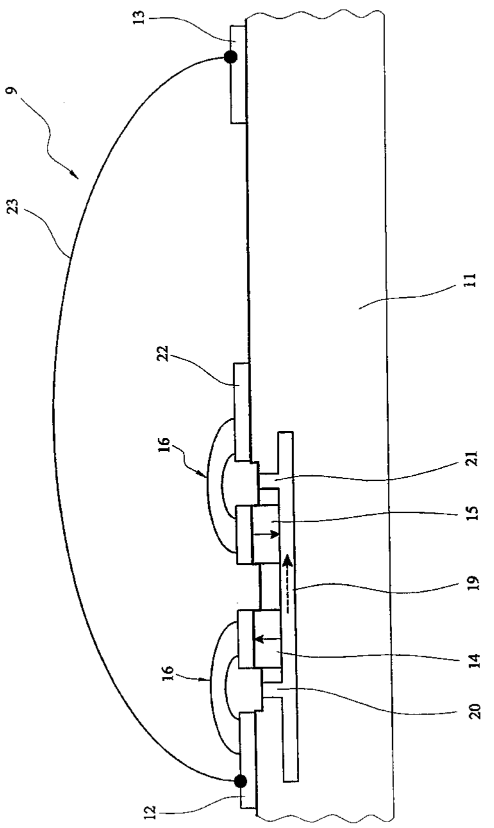
【図６】


13
16
15
11
16
22
16
14
9
16
12

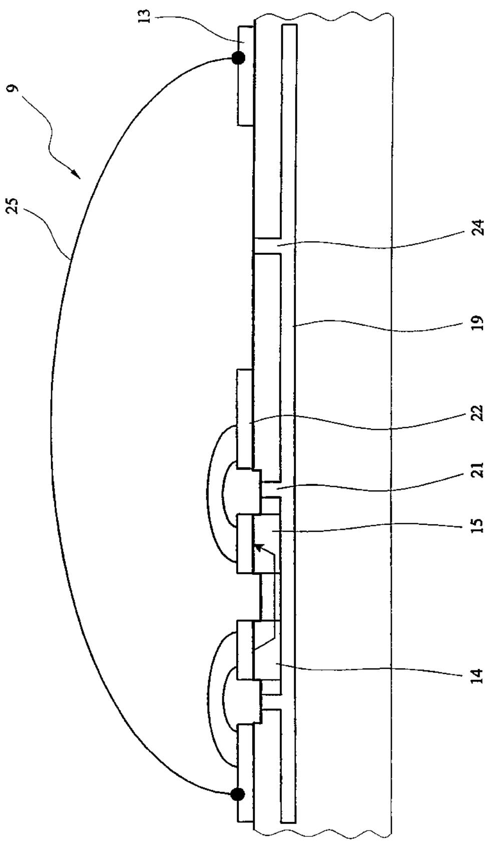
【図７】


9
16
16
16
16
16
16

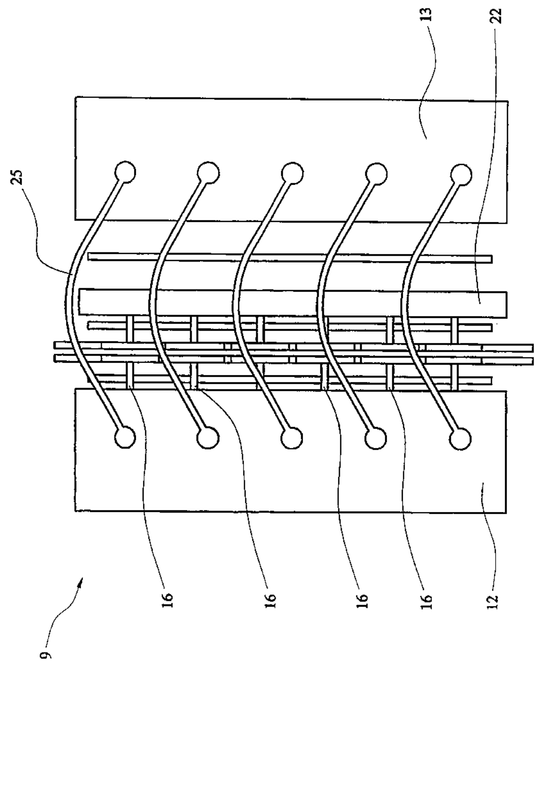
【図８】


13
9
23
11
22
16
21
15
19
16
14
20
12

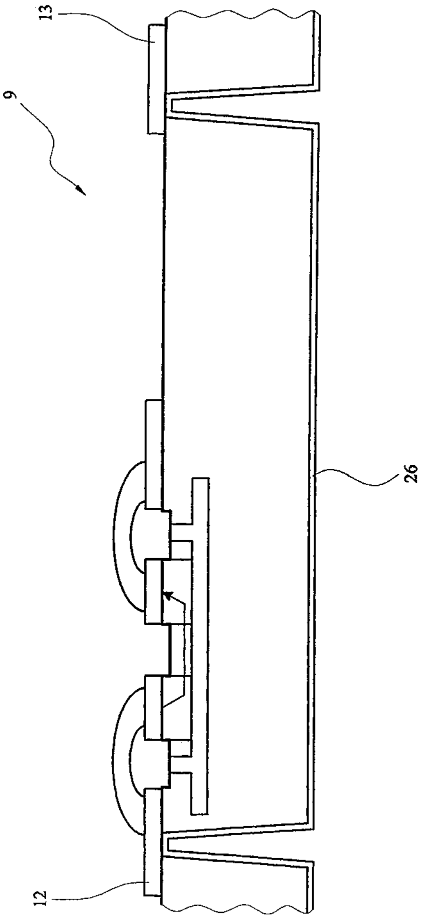
【図９】


13
9
25
24
19
22
21
15
14

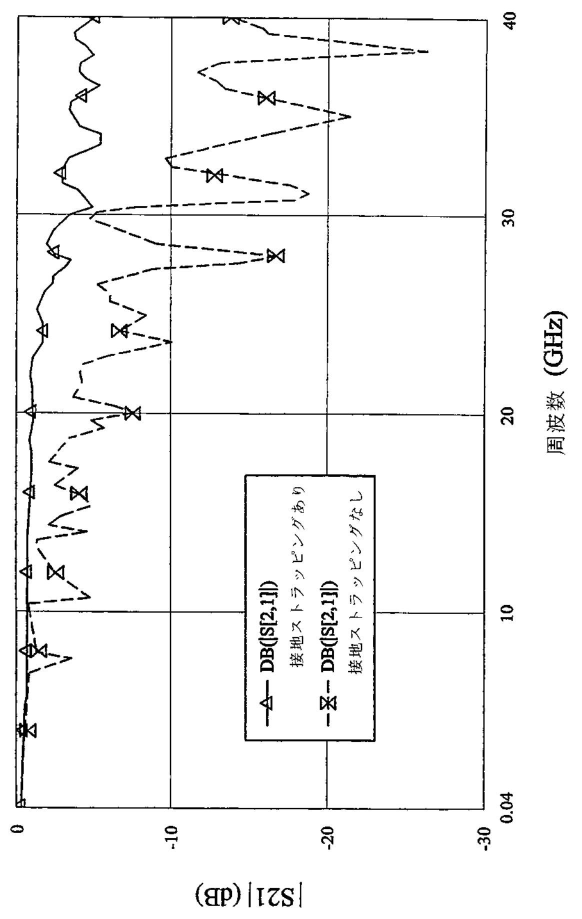
【図１０】


13
22
25
16
16
16
16
12
9

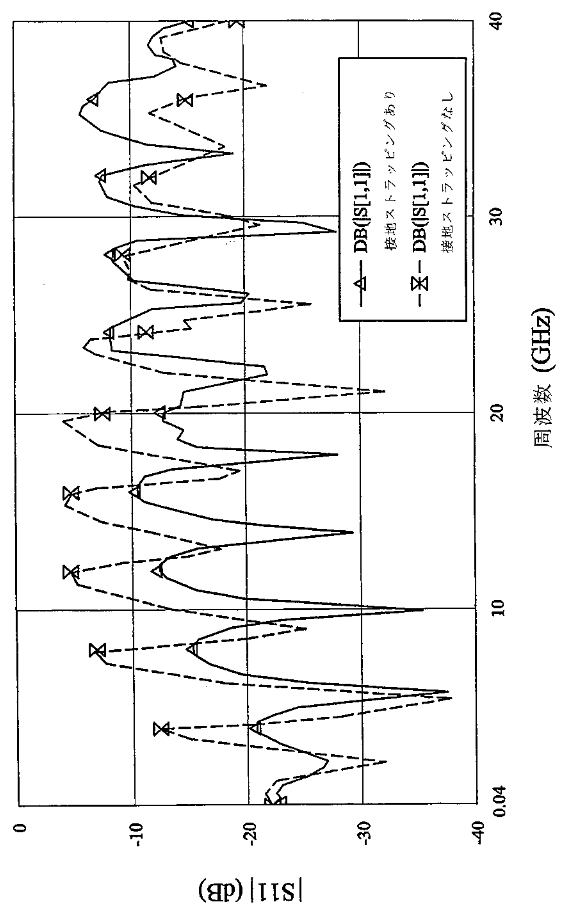
【図１１】


13
9
26
12

【図１２】


DB(|S[2,1]|)
接地ストラッピングあり
DB(|S[2,1]|)
接地ストラッピングなし
|S21|(dB)
周波数 (GHz)
0
-10
-20
-30
0.04
10
20
30
40

【図１３】


DB(|S[1,1]|)
接地ストラッピングあり
DB(|S[1,1]|)
接地ストラッピングなし
|S11|(dB)
周波数 (GHz)
0
-10
-20
-30
-40
0.04
10
20
30
40

フロントページの続き

審査官　吉田　英一

(56)参考文献　英国特許出願公開第０２３８４５７０（ＧＢ，Ａ）
Nadir Dagli, Wide-Bandwidth Lasers and Modulators for RF Photonics, IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, １９９９年　7月, Vol. 47, No. 7, p. 1151 - 1171
N. Dagli, R. Spickermann, S. Sakamoto, and M. Peters, Ultra wide electrical bandwidth GaAs/AlGaAs electrooptic modulators, Microwave Symposium Digest, 1995., IEEE MTT-S International, １９９５年　5月１６日, Vol. 1, p. 251 - 254

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
G02F　1/025