

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4606367号
(P4606367)

(45) 発行日 平成23年1月5日 (2011.1.5)

(24) 登録日 平成22年10月15日 (2010.10.15)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 P 1/10 (2006.01)	HO 1 P 1/10
HO 1 P 1/20 (2006.01)	HO 1 P 1/20 A
HO 1 P 1/207 (2006.01)	HO 1 P 1/207 C

請求項の数 9 (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2006-100645 (P2006-100645)	(73) 特許権者	000006633
(22) 出願日	平成18年3月31日 (2006.3.31)		京セラ株式会社
(65) 公開番号	特開2007-274614 (P2007-274614A)		京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地
(43) 公開日	平成19年10月18日 (2007.10.18)	(74) 代理人	100075557
審査請求日	平成20年9月16日 (2008.9.16)		弁理士 西教 圭一郎
		(72) 発明者	平松 信樹
			京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地3号
			京セラ株式会社中央研究所内
		(72) 発明者	サガラ ジュニアディ アリフィン
			京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地3号
			京セラ株式会社中央研究所内
		審査官	佐藤 当秀

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高周波スイッチならびにこれを備える高周波送信器、高周波受信器、高周波送受信器およびレーダ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

印加電界に応じて誘電率が変化する変化部を含み、かつ誘電体から成る第1誘電体部、誘電率が前記第1誘電体部の誘電率よりも小さく、かつ前記第1誘電体部を挟持している第2誘電体部、および、前記第1誘電体部および前記第2誘電体部を伝播する電磁波の伝播方向と前記第1誘電体部および前記第2誘電体部の積層方向との2つの方向に対して垂直な方向において、前記第1誘電体部および前記第2誘電体部を挟持する一対の平板導電体部、を含んで形成されている伝送線路と、

前記積層方向において前記第1誘電体部および前記第2誘電体部を挟み、かつ前記一対の平板導電体部の間隔より小さい間隔をあけて設けられる電極とを含んでおり、

前記伝送線路は、カットオフ特性を有しており、前記変化部に印加される電界に応じてカットオフ周波数が、前記第1誘電体部および前記第2誘電体部を伝播する電磁波の周波数より低くなる伝播状態と、高くなるカットオフ状態とを切り替え可能であるように構成されていることを特徴とする高周波スイッチ。

【請求項2】

前記一対の平板導電体部の間隔は、前記第2誘電体部を伝播する電磁波の波長の2分の1以下であることを特徴とする請求項1記載の高周波スイッチ。

【請求項3】

印加電界に応じて誘電率が変化する変化部を含み、かつ誘電体から成る誘電体部、および、前記誘電体部の表面に設けられる導電体部、を含んで形成されている伝送線路を含ん

10

20

でおり、

前記導電体部は、前記誘電体を伝播する電磁波の伝播方向に直交する方向において離間し、前記変化部に電界を印加する第1電極および第2電極を含んでおり、

前記伝送線路は、カットオフ特性を有しており、前記変化部に印加される電界に応じてカットオフ周波数が、前記誘電体部を伝播する電磁波の周波数より低くなる伝播状態と、高くなるカットオフ状態とを切り替え可能であるように構成されていることを特徴とする高周波スイッチ。

【請求項4】

高周波信号を発生する高周波発振器と、

前記高周波発振器に接続され、前記高周波発振器からの高周波信号を伝送する高周波伝送線路と、

前記高周波伝送線路に接続され、高周波信号を放射するアンテナと、

前記高周波伝送線路に挿入され、前記伝播状態とすることによって前記高周波伝送線路に伝送される高周波信号を透過し、前記カットオフ状態とすることによって前記高周波伝送線路に伝送される高周波信号を遮断する請求項1～3のいずれか1つに記載の高周波スイッチとを含むことを特徴とする高周波送信器。

【請求項5】

高周波信号を発生する高周波発振器と、

前記高周波発振器に接続され、高周波信号を伝送する第1高周波伝送線路と

第1、第2および第3端子を有し、前記第1端子が前記第1高周波伝送線路に接続され、前記第1端子に与えられる高周波信号を前記第2端子または前記第3端子に選択的に出力する切替器と、

前記第2端子に接続され、前記第2端子から与えられる高周波信号を伝送する第2高周波伝送線路と、

第4、第5および第6端子を有し、前記第2高周波伝送線路を介して前記第4端子に与えられる高周波信号を前記第5端子に出力し、かつ前記第5端子に与えられる高周波信号を前記第6端子に出力する分波器と、

前記第5端子に接続され、前記第5端子から出力される高周波信号を伝送し、前記第5端子に高周波信号を伝送する第3高周波伝送線路と、

前記第3高周波伝送線路に接続され、高周波信号を放射および捕捉するアンテナと、

前記第3端子に接続され、前記第3端子から出力される高周波信号を伝送する第4高周波伝送線路と、

前記第6端子に接続され、前記第6端子から出力される高周波信号を伝送する第5高周波伝送線路と、

前記第4および第5高周波伝送線路に接続され、前記第4および第5高周波伝送線路から与えられる高周波信号を混合して中間周波信号を出力するミキサとを含み、

前記切替器は、請求項1～3のいずれか1つに記載の高周波スイッチを2つ備え、第1高周波スイッチは、前記伝播状態とすることによって前記第1端子および前記第2端子間で高周波信号を透過し、かつ前記カットオフ状態とすることによって前記第1端子および前記第2端子間で高周波信号を遮断し、第2高周波スイッチは、前記伝播状態とすることによって前記第1端子および前記第3端子間で高周波信号を透過し、かつ前記カットオフ状態とすることによって前記第1端子および前記第3端子間で高周波信号を遮断することを特徴とする高周波送受信器。

【請求項6】

前記分波器は、ハイブリッド回路またはサーキュレータによって形成されることを特徴とする請求項5記載の高周波送受信器。

【請求項7】

高周波信号を発生する高周波発振器と、

前記高周波発振器に接続され、高周波信号を伝送する第1高周波伝送線路と

第1、第2および第3端子を有し、前記第1端子が前記第1高周波伝送線路に接続され

10

20

30

40

50

、前記第 1 端子に与えられる高周波信号を前記第 2 端子または前記第 3 端子に選択的に出力する切替器と、

前記第 2 端子に接続され、前記第 2 端子から与えられる高周波信号を伝送する第 2 高周波伝送線路と、

第 4、第 5 および第 6 端子を有し、前記第 2 高周波伝送線路を介して前記第 4 端子に与えられる高周波信号を前記第 5 端子に出力し、かつ前記第 5 端子に与えられる高周波信号を前記第 6 端子に出力する分波器と、

前記第 5 端子に接続され、前記第 5 端子から出力される高周波信号を伝送し、前記第 5 端子に高周波信号を伝送する第 3 高周波伝送線路と、

前記第 3 高周波伝送線路に接続され、高周波信号を放射および捕捉するアンテナと、

前記第 3 端子に接続され、前記第 3 端子から出力される高周波信号を伝送する第 4 高周波伝送線路と、

前記第 6 端子に接続され、前記第 6 端子から出力される高周波信号を伝送する第 5 高周波伝送線路と、

前記第 4 および第 5 高周波伝送線路に接続され、前記第 4 および第 5 高周波伝送線路から与えられる高周波信号を混合して中間周波信号を出力するミキサとを含み、

前記分波器は、請求項 1～3 のいずれか 1 つに記載の高周波スイッチを 2 つ備え、第 3 高周波スイッチは、前記伝播状態とすることによって前記第 4 端子および前記第 5 端子間で高周波信号を透過し、かつ前記カットオフ状態とすることによって前記第 4 端子および前記第 5 端子間で高周波信号を遮断し、第 4 高周波スイッチは、前記伝播状態とすることによって前記第 5 端子および前記第 6 端子間で高周波信号を透過し、かつ前記カットオフ状態とすることによって前記第 5 端子および前記第 6 端子間で高周波信号を遮断することを特徴とする高周波送受信器。

【請求項 8】

高周波信号を発生する高周波発振器と、

前記高周波発振器に接続され、高周波信号を伝送する第 1 高周波伝送線路と

第 1、第 2 および第 3 端子を有し、前記第 1 端子が前記第 1 高周波伝送線路に接続され、前記第 1 端子に与えられる高周波信号を前記第 2 端子または前記第 3 端子に選択的に出力する切替器と、

前記第 2 端子に接続され、前記第 2 端子から与えられる高周波信号を伝送する第 2 高周波伝送線路と、

第 4、第 5 および第 6 端子を有し、前記第 2 高周波伝送線路を介して前記第 4 端子に与えられる高周波信号を前記第 5 端子に出力し、かつ前記第 5 端子に与えられる高周波信号を前記第 6 端子に出力する分波器と、

前記第 5 端子に接続され、前記第 5 端子から出力される高周波信号を伝送し、前記第 5 端子に高周波信号を伝送する第 3 高周波伝送線路と、

前記第 3 高周波伝送線路に接続され、高周波信号を放射および捕捉するアンテナと、

前記第 3 端子に接続され、前記第 3 端子から出力される高周波信号を伝送する第 4 高周波伝送線路と、

前記第 6 端子に接続され、前記第 6 端子から出力される高周波信号を伝送する第 5 高周波伝送線路と、

前記第 4 および第 5 高周波伝送線路に接続され、前記第 4 および第 5 高周波伝送線路から与えられる高周波信号を混合して中間周波信号を出力するミキサと、

前記伝播状態としたときに高周波信号が前記誘電体部を通過するように、前記第 1～第 3 伝送線路のうち少なくともいずれか 1 つに挿入される請求項 1～3 のいずれか 1 つに記載の高周波スイッチとを含むことを特徴とする高周波送受信器。

【請求項 9】

請求項 5～8 のいずれか 1 つに記載の高周波送受信器と、

前記高周波送受信器からの中間周波信号に基づいて探知対象物までの距離を検出する距離検出器とを含むことを特徴とするレーダ装置。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、マイクロ波、準ミリ波帯およびミリ波帯などの高周波帯で用いられる高周波スイッチならびにこれを備える高周波送信器、高周波受信器、高周波送受信器およびレーダ装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来の技術の高周波スイッチは、電子式のスイッチであって、FET (Field Effect Transistor) およびPIN (P-Intrinsic-N) ダイオードなどの半導体素子によって形成

10

【0003】

また他の従来の技術の高周波スイッチとして、微細電子機械システム (Micro Electro Mechanical System) 技術を用いて形成されるMEMS高周波スイッチがある (たとえば特許文献1参照)。

【0004】

【非特許文献1】M. J. Schindler and A. Morris, "DC-40 GHz and 20-40 GHz MMIC SPDT Switches," IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. MTT-35, No.12, pp. 1486-1492 (1987)

【特許文献1】特開平9-17300号公報

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、FETおよびPINダイオードなどの半導体素子を用いる高周波スイッチは、特にミリ波帯のような高周波においては寄生成分の影響が大きくなるので、大きなON/OFF比を得ることが難しいという問題点がある。必要なON/OFF比を得るために高周波スイッチを何段にも構成すると、大型化し、また挿入損失が大きくなるという問題点がある。

【0006】

またMEMS高周波スイッチは、大きなON/OFF比を得ることはできるが、機械的な駆動部分があるので、長期間の駆動に関する信頼性は十分と言えないという問題点がある。

30

【0007】

したがって、本発明の目的は、大きなON/OFF比を得ることができるとともに、耐久性に優れた信頼性の高い高周波スイッチならびにこれを備える高周波送信器、高周波受信器、高周波送受信器およびレーダ装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の高周波スイッチは、印加電界に応じて誘電率が変化する変化部を含み、かつ誘電体から成る第1誘電体部、誘電率が前記第1誘電体部の誘電率よりも小さく、かつ前記第1誘電体部を挟持している第2誘電体部、および、前記第1誘電体部および前記第2誘電体部を伝播する電磁波の伝播方向と前記第1誘電体部および前記第2誘電体部の積層方向との2つの方向に対して垂直な方向において、前記第1誘電体部および前記第2誘電体部を挟持する一対の平板導電体部、を含んで形成されている伝送線路と、

40

前記積層方向において前記第1誘電体部および前記第2誘電体部を挟み、かつ前記一対の平板導電体部の間隔より小さい間隔をあけて設けられる電極とを含んでおり、

前記伝送線路は、カットオフ特性を有しており、前記変化部に印加される電界に応じてカットオフ周波数が、前記第1誘電体部および前記第2誘電体部を伝播する電磁波の周波数より低くなる伝播状態と、高くなるカットオフ状態とを切り替え可能であるように構成されていることを特徴とする。

50

【0011】

また本発明の高周波スイッチは、前記一对の平板導電体部の間隔は、前記第2誘電体部を伝播する電磁波の波長の2分の1以下であることが好ましい。

また本発明の高周波スイッチは、印加電界に応じて誘電率が変化する変化部を含み、かつ誘電体から成る誘電体部、および、前記誘電体部の表面に設けられる導電体部、を含んで形成されている伝送線路を含んでおり、

前記導電体部は、前記誘電体を伝播する電磁波の伝播方向に直交する方向において離間し、前記変化部に電界を印加する第1電極および第2電極を含んでおり、

前記伝送線路は、カットオフ特性を有しており、前記変化部に印加される電界に応じてカットオフ周波数が、前記誘電体部を伝播する電磁波の周波数より低くなる伝播状態と、高くなるカットオフ状態とを切り替え可能であるように構成されていることを特徴とする。

10

【0012】

また本発明の高周波送信器は、高周波信号を発生する高周波発振器と、

前記高周波発振器に接続され、前記高周波発振器からの高周波信号を伝送する高周波伝送線路と、

前記高周波伝送線路に接続され、高周波信号を放射するアンテナと、

前記高周波伝送線路に挿入され、前記伝播状態とすることによって前記高周波伝送線路に伝送される高周波信号を透過し、前記カットオフ状態とすることによって前記高周波伝送線路に伝送される高周波信号を遮断する前記高周波スイッチとを含むことが好ましい。

20

【0013】

また本発明の高周波送受信器は、高周波信号を発生する高周波発振器と、

前記高周波発振器に接続され、高周波信号を伝送する第1高周波伝送線路と

第1、第2および第3端子を有し、前記第1端子が前記第1高周波伝送線路に接続され、前記第1端子に与えられる高周波信号を前記第2端子または前記第3端子に選択的に出力する切替器と、

前記第2端子に接続され、前記第2端子から与えられる高周波信号を伝送する第2高周波伝送線路と、

第4、第5および第6端子を有し、前記第2高周波伝送線路を介して前記第4端子に与えられる高周波信号を前記第5端子に出力し、かつ前記第5端子に与えられる高周波信号を前記第6端子に出力する分波器と、

30

前記第5端子に接続され、前記第5端子から出力される高周波信号を伝送し、前記第5端子に高周波信号を伝送する第3高周波伝送線路と、

前記第3高周波伝送線路に接続され、高周波信号を放射および捕捉するアンテナと、

前記第3端子に接続され、前記第3端子から出力される高周波信号を伝送する第4高周波伝送線路と、

前記第6端子に接続され、前記第6端子から出力される高周波信号を伝送する第5高周波伝送線路と、

前記第4および第5高周波伝送線路に接続され、前記第4および第5高周波伝送線路から与えられる高周波信号を混合して中間周波信号を出力するミキサとを含み、

40

前記切替器は、前記高周波スイッチを2つ備え、第1高周波スイッチは、前記伝播状態とすることによって前記第1端子および前記第2端子間で高周波信号を透過し、かつ前記カットオフ状態とすることによって前記第1端子および前記第2端子間で高周波信号を遮断し、第2高周波スイッチは、前記伝播状態とすることによって前記第1端子および前記第3端子間で高周波信号を透過し、かつ前記カットオフ状態とすることによって前記第1端子および前記第3端子間で高周波信号を遮断することが好ましい。

【0014】

また本発明の高周波送受信器は、前記分波器は、ハイブリッド回路またはサーキュレータによって形成されることが好ましい。

【0015】

50

また本発明の高周波送受信器は、高周波信号を発生する高周波発振器と、
前記高周波発振器に接続され、高周波信号を伝送する第1高周波伝送線路と
第1、第2および第3端子を有し、前記第1端子が前記第1高周波伝送線路に接続され、
前記第1端子に与えられる高周波信号を前記第2端子または前記第3端子に選択的に出力する切替器と、

前記第2端子に接続され、前記第2端子から与えられる高周波信号を伝送する第2高周波伝送線路と、

第4、第5および第6端子を有し、前記第2高周波伝送線路を介して前記第4端子に与えられる高周波信号を前記第5端子に出力し、かつ前記第5端子に与えられる高周波信号を前記第6端子に出力する分波器と、

10

前記第5端子に接続され、前記第5端子から出力される高周波信号を伝送し、前記第5端子に高周波信号を伝送する第3高周波伝送線路と、

前記第3高周波伝送線路に接続され、高周波信号を放射および捕捉するアンテナと、

前記第3端子に接続され、前記第3端子から出力される高周波信号を伝送する第4高周波伝送線路と、

前記第6端子に接続され、前記第6端子から出力される高周波信号を伝送する第5高周波伝送線路と、

前記第4および第5高周波伝送線路に接続され、前記第4および第5高周波伝送線路から与えられる高周波信号を混合して中間周波信号を出力するミキサとを含み、

前記分波器は、前記高周波スイッチを2つ備え、第3高周波スイッチは、前記伝播状態とすることによって前記第4端子および前記第5端子間で高周波信号を透過し、かつ前記カットオフ状態とすることによって前記第4端子および前記第5端子間で高周波信号を遮断し、第4高周波スイッチは、前記伝播状態とすることによって前記第5端子および前記第6端子間で高周波信号を透過し、かつ前記カットオフ状態とすることによって前記第5端子および前記第6端子間で高周波信号を遮断することが好ましい。

20

【0016】

また本発明の高周波送受信器は、高周波信号を発生する高周波発振器と、
前記高周波発振器に接続され、高周波信号を伝送する第1高周波伝送線路と
第1、第2および第3端子を有し、前記第1端子が前記第1高周波伝送線路に接続され、
前記第1端子に与えられる高周波信号を前記第2端子または前記第3端子に選択的に出力する切替器と、

30

前記第2端子に接続され、前記第2端子から与えられる高周波信号を伝送する第2高周波伝送線路と、

第4、第5および第6端子を有し、前記第2高周波伝送線路を介して前記第4端子に与えられる高周波信号を前記第5端子に出力し、かつ前記第5端子に与えられる高周波信号を前記第6端子に出力する分波器と、

前記第5端子に接続され、前記第5端子から出力される高周波信号を伝送し、前記第5端子に高周波信号を伝送する第3高周波伝送線路と、

前記第3高周波伝送線路に接続され、高周波信号を放射および捕捉するアンテナと、

前記第3端子に接続され、前記第3端子から出力される高周波信号を伝送する第4高周波伝送線路と、

40

前記第6端子に接続され、前記第6端子から出力される高周波信号を伝送する第5高周波伝送線路と、

前記第4および第5高周波伝送線路に接続され、前記第4および第5高周波伝送線路から与えられる高周波信号を混合して中間周波信号を出力するミキサと、

前記伝播状態としたときに高周波信号が前記誘電体部を通過するように、前記第1～第3伝送線路のうち少なくともいずれか1つに挿入される前記高周波スイッチとを含むことが好ましい。

【0017】

また本発明のレーダ装置は、前記高周波送受信器と、

50

前記高周波送受信器からの中間周波信号に基づいて探知対象物までの距離を検出する距離検出器とを含むことが好ましい。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、一对の電極に電圧を印加することによって、変化部に電界を印加することができる。変化部は、印加電界の大きさに応じて誘電率が変化するので、すなわち一对の電極に印加される電圧に応じて、伝送線路におけるカットオフ周波数を変更することができる。変化部に印加される電界に応じて、伝送線路におけるカットオフ周波数が、第1誘電体部および第2誘電体部を伝播する電磁波の周波数より低くなる伝播状態と、前記電磁波の周波数より高くなるカットオフ状態とを切り替え可能であるので、電極に印加する電圧を変化させることによって、前記伝播状態と前記カットオフ状態とを容易に切り替えることができる。スイッチング態様がOFF状態の時は、カットオフ状態になるので、本質的に高いON/OFF比を得ることができる。また、機械的な駆動部分がないため、耐久性に優れた信頼性の高い高周波スイッチを実現することができる。

10

また、第1誘電体部を挟持して、第1誘電体部の誘電率よりも小さな誘電率を有する第2誘電体部が設けられる誘電体部が形成され、誘電体部を伝播する電磁波の伝播方向と、第1および第2誘電体部の積層方向との、2つの方向に垂直な方向において一对の平板導電体部に、前記誘電体部が挟持されることによって、誘電体部および平板導電体部がカットオフ特性を有する、すなわちカットオフ周波数を有する伝送線路を形成する。

電磁波は、一对の平板導電体部および第2誘電体部に挟まれる第1誘電体部を主に伝播する。第1誘電体部に変化部が含まれるので、変化部の誘電率の変化が、カットオフ周波数に与える影響を大きくして、大きなON/OFF比を得ることができる。また一对の電極は、前記積層方向において誘電体部を挟むので、一对の電極に電圧を印加することによって、変化部に電界を印加することができる。一对の電極の間隔は、一对の平板導電体部の間隔より小さいので、一对の平板導電体部によって変化部に電界を印加するよりも大きな電界を変化部に電界を印加することができ、低い電圧で大きな電界を変化部に与えることができ、大きなON/OFF比を持ち、かつ低電圧で動作する高周波スイッチを実現することができる。

20

また第1誘電体部を電極によって挟持させると、すなわち第1誘電体に電極を接触させると、常にカットオフ状態となり電磁波が伝播することができなくなってしまうが、第1誘電体部の誘電率よりも小さな誘電率の第2誘電体部が第1誘電体部と電極との間に介在するので、電極部において電磁波が十分減衰するため、定常的にカットオフ状態となってしまうことを防止することができる。第2誘電体部は、第1誘電体部のうち最も誘電率が低い部分の誘電率よりも低い誘電率を有する。

30

【0023】

また本発明において、一对の平板導電体部の間隔は、前記第2誘電体部を伝播する電磁波の波長の2分の1以下である場合がある。この場合、伝送線路が非放射性誘電体線路を構成するので、不要な放射を抑制して、挿入損失が小さい高周波スイッチを実現することができる。

また本発明によれば、第1電極および第2電極間に電圧を印加することによって、変化部に電界を印加することができる。変化部は、印加電界の大きさに応じて誘電率が変化するので、第1電極および第2電極間に印加される電圧に応じて、伝送線路におけるカットオフ周波数を変更することができる。変化部に印加される電界に応じて、伝送線路におけるカットオフ周波数が、誘電体部を伝播する電磁波の周波数より低くなる伝播状態と、前記電磁波の周波数より高くなるカットオフ状態とを切り替え可能であるので、第1電極および第2電極間に印加する電圧を変化させることによって、前記伝播状態と前記カットオフ状態とを容易に切り替えることができる。スイッチング態様がOFF状態の時は、カットオフ状態になるので、本質的に高いON/OFF比を得ることができる。また、機械的な駆動部分がないため、耐久性に優れた信頼性の高い高周波スイッチを実現することができる。

40

50

【0024】

また本発明に係る高周波スイッチは、高周波発振器と高周波伝送線路とアンテナとを備える高周波送信器において、前記高周波伝送線路に挿入されて用いられる場合がある。この高周波送信器によれば、高周波スイッチが伝播状態のとき、高周波発振器が発生した高周波信号は高周波スイッチを透過するので、高周波伝送線路を伝送されてアンテナに与えられ、電波として放射される。また高周波スイッチがカットオフ状態のとき、高周波発振器が発生した高周波信号は高周波スイッチを透過しないので、遮断されて、アンテナからは放射されない。高周波スイッチの伝播状態とカットオフ状態とを切換えることによって、アンテナからパルス信号波を放射することができる。大きなON/OFF比を得ることができるとともに、耐久性に優れた信頼性の高い高周波スイッチを用いることによって、信頼性の高い高周波送信器を実現することができる。

10

【0025】

また本発明に係る高周波スイッチは、第1、第2および第3端子を有し、第1端子が第1高周波伝送線路に接続され、第1端子に与えられる高周波信号を第2端子または第3端子に選択的に出力する切替器を備える高周波送受信器において、前記切替器を構成する高周波スイッチとして用いることができる。この高周波送受信器によれば、高周波発振器が発生した高周波信号は、第1高周波伝送線路に伝送されて切替器の第1端子に与えられ、切替器の第2端子から第2高周波伝送線路に与えられ、分波器の第4端子に与えられて、分波器の第5端子から第3高周波伝送線路に与えられて、アンテナから放射される。またアンテナによって受信した高周波信号は、第3高周波伝送線路に与えられて、分波器の第5端子に与えられ、分波器の第6端子から第5高周波伝送線路に与えられて、ミキサに与えられる。またミキサには、切替器の第3端子から第4高周波伝送線路を介して、高周波発振器が発生した高周波信号がローカル信号として与えられる。ミキサは、高周波発振器が発生した高周波信号とアンテナによって受信した高周波信号とを混合して、中間周波信号を出力することによって、受信した高周波信号に含まれる情報が得られる。

20

【0026】

切替器は、前記高周波スイッチを2つ備え、第1高周波スイッチは、前記伝播状態とすることによって前記第1端子および前記第2端子間で高周波信号を透過し、かつ前記カットオフ状態とすることによって前記第1端子および前記第2端子間で高周波信号を遮断し、第2高周波スイッチは、前記伝播状態とすることによって前記第1端子および前記第3端子間で高周波信号を透過し、かつ前記カットオフ状態とすることによって前記第1端子および前記第3端子間で高周波信号を遮断する。第1高周波スイッチが伝播状態のときに、第2高周波スイッチをカットオフ状態とし、第1高周波スイッチがカットオフ状態のときに、第2高周波スイッチを伝播状態とすることによって、第1端子から入力される高周波信号を、第2および第3端子から選択的に出力することができる。大きなON/OFF比を得ることができるとともに、耐久性に優れた信頼性の高い高周波スイッチを用いて切替器を構成することによって、信頼性の高い高周波送受信器を実現することができる。

30

【0027】

また本発明に係る高周波スイッチは、前記高周波送受信器であって、分波器がハイブリッド回路またはサーキュレータによって形成される高周波送受信器を構成する高周波スイッチとして、用いることができる。この高周波送受信器において、前記分波器は、ハイブリッド回路によって形成されてもよいし、サーキュレータによって形成されてもよい。ハイブリッド回路は、方向性結合器であって、マジックT、ハイブリッドリングまたはラットレースなどによって実現される。

40

【0028】

また本発明に係る高周波スイッチは、第4、第5および第6端子を有し、第2高周波伝送線路を介して第4端子に与えられる高周波信号を第5端子に出力し、かつ第5端子に与えられる高周波信号を第6端子に出力する分波器を備える高周波送受信器において、前記分波器を構成する高周波スイッチとして、用いることができる。この高周波送受信器によれば、高周波発振器が発生した高周波信号は、第1高周波伝送線路に伝送されて切替器の

50

第1端子に与えられ、切替器の第2端子から第2高周波伝送線路に与えられ、分波器の第4端子に与えられて、分波器の第5端子から第3高周波伝送線路に与えられて、アンテナから放射される。またアンテナによって受信した高周波信号は、第3高周波伝送線路に与えられて、分波器の第5端子に与えられ、分波器の第6端子から第5高周波伝送線路に与えられて、ミキサに与えられる。またミキサには、切替器の第3端子から第4高周波伝送線路を介して、高周波発振器が発生した高周波信号がローカル信号として与えられる。ミキサは、高周波発振器が発生した高周波信号とアンテナによって受信した高周波信号とを混合して、中間周波信号を出力することによって、受信した高周波信号に含まれる情報が得られる。前記分波器は、前記高周波スイッチを2つ備え、第3高周波スイッチは、前記伝播状態とすることによって前記第4端子および前記第5端子間で高周波信号を透過し、かつ前記カットオフ状態とすることによって前記第4端子および前記第5端子間で高周波信号を遮断し、第4高周波スイッチは、前記伝播状態とすることによって前記第5端子および前記第6端子間で高周波信号を透過し、かつ前記カットオフ状態とすることによって前記第5端子および前記第6端子間で高周波信号を遮断する。第3高周波スイッチが伝播状態のときに、第4高周波スイッチをカットオフ状態とし、第3高周波スイッチがカットオフ状態のときに、第4高周波スイッチを伝播状態とすることによって、第4端子から入力される高周波信号を第5端子から出力し、第5端子から入力する高周波信号を第6端子に出力することができる。大きなON/OFF比を得ることができるとともに、耐久性に優れた信頼性の高い高周波スイッチを用いて切替器を構成することによって、信頼性の高い高周波送受信器を実現することができる。

【0029】

また本発明に係る高周波スイッチは、高周波発振器と第1～第5高周波伝送線路と切替器と分波器とアンテナとミキサとを備える高周波送受信器において、前記第1～第3高周波伝送線路のうちの少なくとも1つに挿入されて用いられる場合がある。この高周波送受信器によれば、第1～第3高周波伝送線路のうち少なくともいずれか1つに挿入される高周波スイッチの全てを伝播状態とすることによって、高周波発振器が発生した高周波信号は、第1高周波伝送線路に伝送されて切替器の第1端子に与えられ、切替器の第2端子から第2高周波伝送線路に与えられ、分波器の第4端子に与えられて、分波器の第5端子から第3高周波伝送線路に与えられて、アンテナから放射される。また第1～第3高周波伝送線路のうち少なくともいずれか1つに挿入される高周波スイッチが1つでもカットオフ状態となると、高周波発振器が発生した高周波信号は高周波スイッチを透過しないので、遮断されて、アンテナからは放射されない。高周波スイッチの伝播状態とカットオフ状態とを切替えることによって、アンテナからパルス信号波を放射することができる。大きなON/OFF比を得ることができるとともに、耐久性に優れた信頼性の高い高周波スイッチを用いることによって、信頼性の高い高周波送受信器を実現することができる。またアンテナによって受信した高周波信号は、第3高周波伝送線路に与えられて、分波器の第5端子に与えられ、分波器の第6端子から第5高周波伝送線路に与えられて、ミキサに与えられる。またミキサには、切替器の第3端子から第4高周波伝送線路を介して、高周波発振器が発生した高周波信号がローカル信号として与えられる。ミキサは、高周波発振器が発生した高周波信号とアンテナによって受信した高周波信号とを混合して、中間周波信号を出力することによって、受信した高周波信号に含まれる情報が得られる。

【0030】

また本発明に係る高周波スイッチは、高周波送受信器と距離検出器とを含むレーダ装置において、前記高周波送受信器を構成する高周波スイッチとして用いることができる。このレーダ装置によれば、前記高周波送受信器からの前記中間周波信号に基づいて、距離検出器が探知対象物までの距離を検出するので、検知対象物までの距離を正確に検出することができるレーダ装置となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0031】

図1は、本発明の実施の一形態の高周波スイッチ1を模式的に示す断面図である。以下

、高周波スイッチ1を、単に「スイッチ1」という。スイッチ1は、カットオフ特性を有する伝送線路を含んで構成され、本発明の実施の形態では誘電体導波管によって構成される。本発明において、伝播する電磁波（高周波信号）が3 dB減衰する周波数を、カットオフ周波数と定義する。またカットオフ特性を有することは、前記カットオフ周波数を有することである。また伝播状態とは、伝送線路におけるカットオフ周波数が、前記伝送線路を伝播する電磁波の周波数を超えて高くなることであり、カットオフ状態とは、伝送線路におけるカットオフ周波数が、前記伝送線路を伝播する電磁波の周波数以下になることである。

【0032】

スイッチ1は、電磁波が伝播可能な誘電体部2と、誘電体部2を囲って導波管を形成する導電体部3とを含んで構成される。本発明の実施の形態のスイッチ1は、直方体形状に形成される。スイッチ1における電磁波の伝播方向Xに垂直な断面は、スイッチ1の前記伝播方向Xの端面と同形状である。

【0033】

誘電体部2は、誘電体から成り、印加電界に応じて誘電率が変化する変化部を含んで形成される。本発明の実施の形態では、誘電体部2は変化部から成り、たとえば $Ba_{(1-x)}Sr_xTiO_3$ （略称BST）、 $Mg_{(1-x)}Ca_xTiO_3$ 、 $Zn_{(1-x)}Sn_xTiO_3$ 、 $BaO-PbO-Nd_2O_3-TiO_3$ 、または $Bi_{1.5}Zn_{1.0}Nb_{1.5}O_7$ などによって形成される。誘電体部2は、印加電界が大きくなるに連れて、すなわち印加される電界強度が高くなるに連れて、誘電率が小さくなる。

【0034】

誘電体部2は、電磁波が入出力する第1および第2入出力端2a、2bを有する。第1および第2入出力端2a、2bは、電磁波が伝播する伝播方向Xに沿って、伝播方向Xの端部にそれぞれ形成される。本発明の実施の形態では、誘電体部2は、直方体形状に形成され、第1および第2入出力端2a、2bは、伝播方向Xに垂直な平面によって形成され、相互に対向して設けられる。誘電体部2の、伝播方向Xに垂直な断面は、矩形状となる。前記伝播方向Xにそれぞれ垂直であって、かつ互いに垂直な方向を、「幅方向Y」および「厚さ方向Z」とそれぞれいう。本発明の実施の形態では、幅方向Yが、誘電体部2の、伝播方向Xに垂直な断面における短手方向であり、厚さ方向Zが、誘電体部2の、伝播方向Xに垂直な断面における長手方向である。

【0035】

導電体部3は、導電体から成り、誘電体部2に電界を印加するための一对の第1および第2電極4a、4bを含んで構成される。第1および第2電極4a、4bは、誘電体部2の外表面に積層して設けられる。本発明の実施の形態では、導電体部3は、第1および第2電極4a、4bから成り、これら第1および第2電極4a、4bは、誘電体部2の前記伝播方向Xに沿う軸線A1まわりに、誘電体部2に密接して、誘電体部2の前記伝播方向Xの両端面を露出させた状態で、前記軸線A1まわりに離間して誘電体部2を外圍して導波管を形成する。第1および第2電極4a、4bは、独立して設けられ、すなわち非接触に設けられる。

【0036】

第1および第2電極4a、4bは、誘電体部2の前記伝播方向Xにおける両端部間にわたって形成される。第1および第2電極4a、4bは、前記軸線A1に関して回転対称に形成される。本発明の実施の形態では、第1および第2電極4a、4bは、伝播方向Xに垂直な断面が略U字形状に形成される。第1電極4aは、誘電体部2の厚さ方向Zにおける第1端部2c側から誘電体部2を覆い、厚さ方向Zにおける中間部まで延びる。第2電極4bは、誘電体部2の厚さ方向Zにおける第2端部2d側から誘電体部2を覆い、厚さ方向Zにおける中間部まで延びる。第1および第2電極4a、4bは、相互に接触しないように独立して形成され、誘電体部2の外表面に沿って前記軸線A1まわりに、予め定める距離L1離間して形成される。前記予め定める距離L1は、第1および第2電極4a、4bの間から誘電体部2を伝播する電磁波の漏れないように選ばれ、第1および第2電極

4 a, 4 bによって形成される導波管の内寸法の長辺（厚さ方向Zの大きさ）の長さaの $1/2$ 以下に選ばれる。

【0037】

第1および第2電極4 a, 4 bは、低い抵抗率の金属、誘電体部2と高温での同時焼成が可能な金属、半田、または導電性ペーストによって形成される。低い抵抗率の金属としては、金（Au）、銅（Cu）、アルミニウム（Al）、白金（Pt）、チタン（Ti）、銀（Ag）、パラジウム（Pd）、亜鉛（Zn）およびクロム（Cr）からなる群から選ばれる。第1および第2電極4 a, 4 bは、金（Au）、銅（Cu）、アルミニウム（Al）、白金（Pt）、チタン（Ti）、銀（Ag）、パラジウム（Pd）、亜鉛（Zn）およびクロム（Cr）からなる群から選ばれるいずれか1つ、もしくは少なくとも2つを含む合金またはこれらの積層体によって形成されてもよい。誘電体部2と高温での同時焼成が可能な金属としては、タングステン（W）などが用いられる。導電性ペーストとしては、金属フィラーとこの金属フィラーを結合するバインダ樹脂を含むものが用いられる。また第1および第2電極4 a, 4 bは、ITO（Indium Tin Oxide）などの透明電極体によって形成されてもよい。第1および第2電極4 a, 4 bは、低い抵抗率の金属によって形成されるのが好ましい。

10

【0038】

第1および第2電極4 a, 4 bの厚さは、誘電体部2を伝播する電磁波に対する表皮厚さよりも大きく選ばれ、たとえば1 μ mに選ばれる。

【0039】

20

誘電体部2には、この誘電体部2と一体に形成される絶縁部5 a, 5 bが設けられる。絶縁部5 a, 5 bは、前記誘電体部2と同じ物質によって形成される。絶縁部5 a, 5 bは、前記軸線A1まわりに第1および第2電極4 a, 4 bの間に設けられ、隣接する第1および第2電極4 a, 4 bが接触してしまうことを防止する。絶縁部5 a, 5 bは、誘電体部2の前記伝播方向Xの両端部間にわたって設けられ、それぞれ第1および第2電極4 a, 4 bに接触して設けられる。

【0040】

前記絶縁部5 a, 5 bは、誘電体部2の表面から幅方向Yに、予め定める距離L2突出する。予め定める距離L2は、誘電体部2に積層される第1および第2電極4 a, 4 bの幅方向Yにおける厚さに等しく選ばれる。前記予め定める距離L2は、誘電体部2中を伝播する平面波の波長の $(2n-1)/4$ （nは自然数）に選ばれる。前述したように予め定める距離L1, L2を前述のように選ぶことによって、軸線A1まわりに第1および第2電極4 a, 4 bが離間していても、この第1および第2電極4 a, 4 bが離間する部分、すなわち絶縁部5 a, 5 bから、誘電体部2を伝播させる電磁波の漏洩を防止することができる。

30

【0041】

スイッチ1は、さらに電圧印加手段10を含んで構成される。電圧印加手段10は、一対の第1および第2電極4 a, 4 b間に予め定める範囲の電圧を印加することができる電気回路によって実現される。電圧印加手段10は、第1および第2電極4 a, 4 bに接続されて、それぞれの電極に所定の電位を与えて、第1および第2電極4 a, 4 b間に電圧を与える。電圧印加手段10は、伝播する電磁波の周波数よりも低い周波数の交流電圧、または直流電圧を第1および第2電極4 a, 4 bに印加する。電圧印加手段10が、第1および第2電極4 a, 4 bに電圧を印加することによって、誘電体部2の誘電率が小さくなり、これによってスイッチ1のカットオフ周波数が高くなる。電圧印加手段10が、第1および第2電極4 a, 4 bに電圧を印加しないときは、伝播させる電磁波の周波数（使用周波数）よりもスイッチ1のカットオフ周波数が低くなるようにスイッチ1が構成される。電圧印加手段10は、スイッチ1のカットオフ周波数のカットオフ周波数が、前記使用周波数以上になるように第1および第2電極4 a, 4 bに電圧を印加することができる。したがってスイッチ1は、電圧印加手段10によって、カットオフ周波数が、誘電体部2を伝播する電磁波の周波数より低くなる伝播状態と、カットオフ周波数が、誘電体部2

40

50

を伝播する電磁波の周波数より高くなるカットオフ状態とを切り替え可能である。本発明の実施の形態では、使用周波数は、一定であり、したがって上記の切り替えによってON/OFF動作が可能である。

【0042】

本発明の実施の形態では、導波管のTE₁₀モードで電磁波を伝播させるように、スイッチ1が形成される。

【0043】

スイッチ1は、誘電体導波管とみなすことができる。したがってスイッチ1を、誘電体が導波管の導波路に充填された誘電体導波管とみなして説明する。誘電体部2を形成する誘電体の誘電損失を $\tan \delta$ とし、第1および第2電極4a, 4bによって形成される導波管の内寸法の長辺（厚さ方向Zの大きさ）の長さをaとし、短辺（幅方向Yの大きさ）の長さを $b = a/2$ とし、前記導波管を形成する導電体の電気伝導度を σ とし、前記導波管のカットオフ周波数をfcとすると、fcは式1で表される。本発明においてカットオフ周波数とは、伝播する高周波信号が3dB減衰する周波数のことである。

【0044】

【数1】

$$fc = \frac{1}{2a\sqrt{\mu_0 \epsilon_0 \epsilon_r}} \quad \dots (1)$$

【0045】

式1において、 μ_0 は真空の透磁率であり、 ϵ_0 は真空の誘電率である。したがって、長さaによって、カットオフ周波数が決定される。短辺の長さbは、長辺の長さa未満に選ばれ、かつ1 μ m以上に選ばれる。これによって導体損失を抑制することができる。ここでは短辺の長さbを $b = a/2$ としているが、短辺の長さbは長辺の長さaより小さければよい。短辺の長さbが長辺の長さaより大きくなると所望のTE₁₀モードに直交するTE₀₁モードが遮断モードでなくなり、不要モードの発生があり得るため好ましくない。また、短辺の長さbが小さくなりすぎると、導電体による導体損失が大きくなるため、短辺の長さbは、 $b = a/2$ 付近が望ましい。

【0046】

スイッチ1は、第1および第2電極4a, 4bが方形導波管を形成するので、カットオフ周波数fcは、誘電体部2を形成する誘電体の誘電率と、導波管の内寸法の長辺の長さaとによって決定される。前記長さa, bを、 $a = 0.08$ mm、 $b = 0.04$ mmとしたとき、誘電体部2の比誘電率800のときのカットオフ周波数fcは、66GHzとなり、比誘電率560のときのカットオフ周波数fcは、79GHzとなる。すなわち、使用周波数（誘電体部2に伝播させるべき電磁波の周波数）を76GHz～77GHzに選ぶとき、電圧印加手段10によって与えられる電圧によって、誘電体部2の比誘電率を800から560に変化させることによって、ON状態（伝播状態）からOFF状態（カットオフ状態）に変化する高周波スイッチが実現される。たとえばBa_(1-x)Sr_xTiO₃によって形成される誘電体部2の比誘電率 ϵ_r を800から560に変化させるために必要な電界強度は、300kV/cmである。この300kV/cmの電界強度を得るためには、一対の第1および第2電極4a, 4bに、2400Vの電圧を印加すればよい。

【0047】

第1および第2電極4a, 4bによって電界が印加される誘電体部2の伝播方向Xの長さcは、誘電体部2を導波する電磁波の波長の $(2n-1)/4$ （nは自然数）に選ばれる。これによって、伝播方向Xに沿って他の伝送線路からスイッチ1へ入射する接続界面で反射する反射波とスイッチ1を通過してスイッチ1から他の伝送線路へ出力する接続界面で反射して他の伝送線路へ戻っていく反射波との位相差を、 π として、反射波を打ち消すことができ、スイッチ1と他の伝送線路との界面における反射が低減され、挿入損失を低減することができる。

【0048】

10

20

30

40

50

以上のようにスイッチ 1 によれば、スイッチ 1 を構成する伝送線路におけるカットオフ周波数が、誘電体部 2 を伝播する電磁波の周波数より低くなる伝播状態と、前記伝送線路におけるカットオフ周波数が、誘電体部 2 を伝播する電磁波の周波数より高くなるカットオフ状態とを切り替え可能であるので、第 1 および第 2 電極 4 a, 4 b に印加する電圧を変化させることによって、前記伝播状態と前記カットオフ状態とを容易に切り替えることができる。スイッチ 1 のスイッチング態様が OFF 状態の時は、カットオフ状態になるので、本質的に高い ON/OFF 比を得ることができる。また、機械的な駆動部分がないため、耐久性に優れた信頼性の高いスイッチ 1 を実現することができる。またスイッチ 1 は、小型であり、表面実装が容易である。

【0049】

10

また導波管を形成する導電体部 3 が第 1 および第 2 電極 4 a, 4 b によって形成されるので、導波管とは別に電極を形成する必要がなく、作製が容易である。

【0050】

本発明の実施の形態のスイッチ 1 では、誘電体部 2 が直方体形状に形成されるが、直方体形状に限らず、たとえば誘電体部 2 の伝播方向 X に垂直な誘電体部 2 の断面の形状は、円形、楕円形、多角形またはその他異型であってもよい。このような形状であっても、同様の効果を達成することができる。

【0051】

また図 1 に示す実施の形態のスイッチ 1 では、誘電体部 2 は、誘電率が変化する物質から成るが、本発明の実施のさらに他の形態において、誘電体部 2 は、誘電率が変化する物質から成る変化部を含む構成であればよい。前記変化部は、伝播電磁波の電界強度が高くなる部分に形成されるのが好ましく、たとえば厚さ方向 Z の中央部に形成される。

20

【0052】

また図 1 に示す実施の形態のスイッチ 1 では、第 1 および第 2 電極 4 a, 4 b を軸線 A 1 まわりに回転対称に形成しているが、電極は、誘電体部 2 に電界を印加することができる構成であればよく、たとえば電極の数は一対に限らず、複数対形成されてもよい。電極は、誘電体部 2 に電界を印加することができるように配置されていれば、同様の効果を達成することができる。

【0053】

また図 1 に示す実施の形態のスイッチ 1 では、第 1 および第 2 電極 4 a, 4 b のみによって導波管が形成されるが、第 1 および第 2 電極 4 a, 4 b と、導電体から成る導波管形成部とによって、導波管が形成されてもよい。この場合第 1 および第 2 電極 4 a, 4 b と、導波管形成部とは、前記軸線 A 1 まわりに予め定める距離 L 1 をあけて形成される。このように形成しても、同様の効果を達成することができる。

30

【0054】

また図 1 に示す実施の形態のスイッチ 1 では、TE₁₀ モードを伝播させる場合が最も伝送効率が高いが、TE₁₀ モードを除く他のモードを伝播させてもよい。TE₁₀ モードを除く他のモードを伝播する場合には、高次モードおよび低次モードなどの他のモードに変換されてしまい、TE₁₀ モードを伝播させる場合と比較して伝送効率が低下するが、TE₁₀ モードを伝播させる場合と同様の効果を達成することができる。

40

【0055】

図 1 に示す実施の形態のスイッチ 1 では、第 1 および第 2 電極 4 a, 4 b によって導波管を形成しているが、電極とは別に導波管を形成する導電体部 3 を形成し、導波管を形成する導電体部 3 に外囲される誘電体部 2 に電極を埋め込まれて設けられてもよい。電極は、誘電体部 2 に電界を印加可能に設けられる。また電極の厚さは、誘電体部 2 を伝播する電磁波に対する表皮厚さ未満に選ばれる。これによって、電極を誘電体部 2 に埋め込んだときに、電極による損失を低減することができる。このような構成であっても、同様の効果を達成することができる。誘電体部 2 に電極を埋め込む場合、電極の体積抵抗率は、 $10^{-5} \Omega \cdot \text{m}$ 以上、好ましくは $10^{-4} \Omega \cdot \text{m}$ 以上を選ばれる。電極は、独立して一対設けられてもよく、複数対設けられてもよい。

50

【0056】

図2は、本発明の他の実施の形態の高周波スイッチ11を模式的に示す断面図である。以下、高周波スイッチ11を、単に「スイッチ11」という。本実施の形態のスイッチ11は、前述の図1に示すスイッチ1と類似しており、スイッチ1と同様の構成には同一の参照符号を付し、異なる構成についてだけ説明し、同様の構成については説明を省略する。スイッチ11における電磁波の伝播方向Xに垂直な断面は、スイッチ11の前記伝播方向Xの端面と同形状である。

【0057】

スイッチ11は、誘電体部2と第1および第2電極4a、4bとを含んで構成される。絶縁部5a、5bは、第1部分12と、厚さ方向Zの寸法が第1部分12よりも小さい第2部分13とが幅方向Yに繰り返して形成される。第1および第2電極4a、4bは、前記第1および第2部分12、13にそれぞれ接触して設けられ、チョーク構造を構成する。絶縁部5a、5bの幅方向Yの両端部には、第2部分13が設けられる。

【0058】

第1部分12の厚さ方向Zの寸法L3および第2部分13の厚さ方向Zの寸法L4は、できるだけその差分の絶対値が大きくなることが好ましい。前記寸法L3は、たとえば前記長さaに選ばれる。また前記寸法L4は、前述した予め定める距離L1に選ばれる。また第1および第2部分12、13の幅方向Yの寸法L5、L6は、それぞれ誘電体部2中を伝播する平面波の波長の $(2n-1)/4$ （nは自然数）に選ばれる。このように絶縁部5a、5bならびに第1および第2電極4a、4bを形成することによって、前述した

【0059】

図3は、本発明の実施のさらに他の形態の高周波スイッチ21を模式的に示す断面図である。以下、高周波スイッチ21を、単に「スイッチ21」という。スイッチ21は、カットオフ特性を有する伝送線路を含んで構成され、本発明の実施の形態では非放射性誘電体線路を含んで構成される。スイッチ21は、誘電体部22と、一对の第1および第2平板導電体部23a、23bと、一对の第1および第2電極24a、24bと、電圧印加手段10とを含んで構成される。本発明の実施の形態のスイッチ21は、略直方体形状に形成される。スイッチ21における電磁波の伝播方向Xに垂直な断面は、スイッチ21の前記伝播方向Xの端面と同形状である。本発明の実施の形態において、前述の図1に示すスイッチ1と同様の構成には同一の参照符号を付し、異なる構成についてだけ説明し、同様の構成については説明を省略する。

【0060】

誘電体部22は、誘電体から成り、印加電界に応じて誘電率が変化する変化部を含む第1誘電体部25と、第2誘電体部26とを含んで構成される。誘電体部22は、電磁波が入力する第1入出力端22aおよび電磁波が出力する第2入出力端22bを有する。第1入出力端22aおよび第2入出力端22bは、電磁波が伝播する伝播方向Xに沿って、伝播方向Xの両端部にそれぞれ形成される。本発明の実施の形態では、誘電体部22は、直方体形状に形成され、第1入出力端22aおよび第2入出力端22bは、伝播方向Xに垂直な平面によって形成され、相互に対向して設けられる。誘電体部22の、伝播方向Xに垂直な断面は、矩形状となる。前記伝播方向Xにそれぞれ垂直であって、かつ互いに垂直な方向を、「幅方向Y」および「厚さ方向Z」とそれぞれいう。本発明の実施の形態では、幅方向Yが、誘電体部22の、伝播方向Xに垂直な断面における長手方向であり、厚さ方向Zが、誘電体部22の、伝播方向Xに垂直な断面における短手方向である。

【0061】

本発明の実施の形態では、第1誘電体部25は変化部から成り、前述した実施の形態の誘電体部2と同様の物質によって形成される。第1誘電体部25は、直方体形状に形成され、誘電体部22の伝播方向Xの両端部間および幅方向Yの両端部間にわたって形成される。

【0062】

第2誘電体部26は、第1誘電体部25を挟んで第1誘電体部25の両側にそれぞれ積層される。第2誘電体部26は、第1誘電体部25の厚さ方向Zの両側に、第1誘電体部25にそれぞれ積層して設けられる。第2誘電体部26は、直方体形状を有する。第2誘電体部26は、その誘電率が第1誘電体部25の誘電率よりも小さい物質によって形成される。第2誘電体部26の誘電率は、第1誘電体部25の誘電率が変化し、最も誘電率が小さくなったときの第1誘電体部25の誘電率未満に選ばれる。

【0063】

第2誘電体部26は、ガラス、単結晶、セラミックスまたは樹脂などによって形成される。ガラスとしては、石英ガラスまたは結晶化ガラスなどが用いられる。単結晶としては、水晶、サファイア、MgOまたはLaAlO₃などが用いられる。セラミックスとしては、アルミナ、フォスファイトまたはコーディライトなどが用いられる。樹脂としては、エポキシまたは含フッ素樹脂などが用いられる。第2誘電体部26は空気によって形成されてもよいが、第1誘電体部25を機械的に保持することができ、また空気よりも誘電率が高い前述した固体物質によって形成されるのが好ましい。

10

【0064】

第1および第2平板導電体部23a, 23bは、誘電体部22における電磁波の伝播方向Xおよび第1および第2誘電体部25, 26の積層方向である厚さ方向Zに、垂直な方向である幅方向Yにおいて、誘電体部22を挟持して設けられ、すなわち第1および第2誘電体部25, 26の両側に設けられる。第1および第2平板導電体部23a, 23bは、導電性を有し、板状に形成されて、誘電体部22に臨む面が相互に平行に設けられる。第1および第2平板導電体部23a, 23bは、誘電体部22の幅方向Yの端面にそれぞれ積層され、この幅方向Yの端面の全面にわたって形成される。

20

【0065】

第1および第2平板導電体部23a, 23bは、前述した第1および第2電極4a, 4bと同様の物質によって形成される。第1および第2平板導電体部23a, 23bの厚さ、すなわち幅方向Yの厚さは、誘電体部22を伝播する電磁波に対する表皮厚さよりも大きく選ばれる。

【0066】

第1および第2平板導電体部23a, 23bの間隔L7は、第2誘電体部26中を伝播する電磁波の波長の2分の1以下に選ばれる。このように前記間隔L7を選ぶことによって、誘電体部22および第1および第2平板導電体部23a, 23bとによって、非放射性誘電体線路(NRDガイド)が構成され、第1誘電体部22aを伝播する電磁波が、第1および第2平板導電体部23a, 23bの間から漏れることがなく、非放射となるので損失を低減することができる。

30

【0067】

第1および第2電極24a, 24bは、前記厚さ方向Zにおいて誘電体部22を挟持して設けられ、すなわち誘電体部22の両側に設けられる。第1および第2電極24a, 24bは、厚さ方向Zに垂直な仮想一平面に関して面対称に設けられる。第1および第2電極24a, 24bは、誘電体部22の厚さ方向Zの両端面上にそれぞれ積層して設けられる。第1および第2電極24a, 24bは、伝播方向Xにおいて誘電体部22の両端部にわたって設けられ、第1および第2平板導電体部23a, 23bにそれぞれ離間して設けられる。第1および第2電極24a, 24bは、直方体形状に形成され、誘電体部22のうち幅方向Yの両端部を除き、第2誘電体部26の幅方向Yの両端面から予め定める距離L9の範囲を除いて、第2誘電体部26に積層される。予め定める距離L9は、第1および第2電極24a, 24bと第1および第2平板導電体部23a, 23bとが接触しない程度に選ばれ、たとえば1μm~50μmに選ばれる。

40

【0068】

第1および第2電極24a, 24bは、誘電体部22に臨む面が、相互に平行に形成され、第1および第2電極24a, 24bの間隔L8は、第1および第2平板導電体部23

50

a, 23bの間隔L7未満に形成される。第1および第2平板導電体部23a, 23bの間隔L7よりも、第1および第2電極24a, 24bが近いので、第1および第2平板導電体部23a, 23bに電圧を印加して第1誘電体部25の誘電率を変化させる場合と比較して、低い電圧で第1誘電体部25の誘電率を変化させることができる。第1および第2電極24a, 24bの間隔L8は、好ましくは、第1および第2平板導電体部23a, 23bの間隔L7の10分の1以上かつ間隔L7よりも小さい値に選ばれる。電界強度が大きいほど、変化量が大きいので、第1および第2電極24a, 24bの間隔L8は小さくした方が、電圧印加手段10によって第1および第2電極24a, 24bの間に印加する電圧を小さくすることができる。しかしながら前記間隔L8を、小さくしすぎるとカットオフになってしまい、伝播しなくなるので、前記間隔L8は、第1および第2平板導電体部23a, 23bの間隔L7の10分の1以上とするのが好ましい。また前記間隔L8を前記間隔L7より小さい値に選ぶことによって、第1および第2平板導電体部23a, 23b間に電界を印加するよりも効果的に前記変化部に電界を印加することができる。

10

【0069】

第1および第2電極24a, 24bは、前述した第1および第2電極4a, 4bと同様の物質によって形成される。第1および第2電極24a, 24bには、電圧印加手段10が接続される。

【0070】

スイッチ21における、誘電体部22および第1および第2平板導電体部23a, 23bによって形成される伝送線路のカットオフ周波数 f_c は、第1誘電体部25を形成する誘電体の誘電率および第1誘電体部25のサイズ、第1および第2電極24a, 24bの間隔L8、平板導電体部23a, 23bの間隔L7、および第2誘電体部26を形成する誘電体の誘電率で決まる。スイッチ21を作製するとき、まず第1および第2誘電体部25, 26を形成する誘電体を決定し、次に第1および第2平板導電体部23a, 23bの間隔L7を決定する。その後、第1誘電体部25のサイズを決定した後、第1および第2電極24a, 24bの間隔L8を決定する。

20

【0071】

第1および第2電極24a, 24bによって電界が印加される第1誘電体部25の伝播方向Xの長さL10は、前述した実施の形態の長さaと同様に選ばれる。これによって、スイッチ1と同様に挿入損失を低減することができる。本発明の実施の形態では、第1誘電体部25を伝播する電磁波の周波数、すなわち使用周波数は、一定である。

30

【0072】

以上のようにスイッチ21によれば、スイッチ21を構成する伝送線路におけるカットオフ周波数が、第1誘電体部25を伝播する電磁波の周波数より低くなる伝播状態と、前記伝送線路におけるカットオフ周波数が、第1誘電体部25を伝播する電磁波の周波数より高くなるカットオフ状態とを切り替え可能であるので、第1および第2電極24a, 24bに印加する電圧を変化させることによって、前記伝播状態と前記カットオフ状態とを容易に切り替えることができる。スイッチ21のスイッチング態様がOFF状態の時は、カットオフ状態になるので、本質的に高いON/OFF比を得ることができる。また、機械的な駆動部分がないため、耐久性に優れた信頼性の高いスイッチ21を実現することができる。またスイッチ21は、小型であり、表面実装が容易である。

40

【0073】

電磁波は、第1および第2平板導電体部24a, 24bおよび第2誘電体部26に挟まれる第1誘電体部25を主に伝播する。第1誘電体部25に変化部が含まれるので、変化部の誘電率の変化が、カットオフ周波数に与える影響を大きくして、スイッチ1は大きなON/OFF比を得ることができる。また第1および第2電極24a, 24bの間隔L8は、第1および第2平板導電体部23a, 23bの間隔L7より小さいので、低い電圧で大きな電界を第1誘電体部25に与えることができ、小型で、かつ低電圧で動作する高周波スイッチを実現することができる。

【0074】

50

また第1誘電体部25を第1および第2電極24a, 24bによって挟持させると、すなわち第1誘電体部25の両側に第1および第2電極24a, 24bを接触させて設けると常にカットオフ状態となり電磁波が伝播することができなくなってしまうが、第1誘電体部25の誘電率よりも小さな誘電率の第2誘電体部26が第1誘電体部25と電極との間に介在するので、第1および第2電極24a, 24bにおいて電磁波が十分減衰して、定常的にカットオフ状態となってしまうことを防止することができる。

【0075】

本実施の形態では、第1および第2平板導電体部23a, 23bの間隔は、第2誘電体部26を伝播する電磁波の波長の2分の1以下としたが、本発明のさらに他の実施の形態では、第1および第2平板導電体部23a, 23bの間隔は、第2誘電体部26を伝播する電磁波の波長の2分の1よりも大きくしてもよい。この場合には、第1および第2平板導電体部23a, 23bおよび誘電体部22によってHガイドが構成され、図3に示す実施の形態のスイッチ21よりも伝送損失は大きくなるが、同様の効果を達成することができる。

10

【0076】

また本実施の形態では、第1および第2電極24a, 24bは伝播方向Xにおいて第1入出力端22aから第2入出力端22bにわたって形成されるが、第1および第2電極24a, 24bは、伝播方向Xにおいて、連続的に形成されてもよい。

【0077】

また図3に示す実施の形態のスイッチ21では、第1誘電体部25は、誘電率が変化する物質から成るが、本発明の実施のさらに他の形態において、第1誘電体部25は、誘電率が変化する物質から成る変化部を含む構成であればよい。前記変化部は、伝播電磁波の電界強度が高くなる部分に形成されるのが好ましく、たとえば幅方向Yおよび厚さ方向Zの中央部に形成される。第1誘電体部25における変化部の形成領域は、幅方向Yおよび厚さ方向Zにおいて、対称に形成されることが望ましい。

20

【0078】

また本発明のさらに他の実施の形態において、図3に示す実施の形態のスイッチ21において、第1および第2電極24a, 24bを第1誘電体部25を挟むように、第1誘電体部25と第2誘電体部26との間に埋め込むか、または第2誘電体部26に埋め込んで形成してもよい。第1および第2電極24a, 24bは、第1誘電体部25に電界を印加可能に設けられる。第1および第2電極24a, 24bは、厚さ方向Zに所定の間隔をあけて平行に設けられる。また第1および第2電極24a, 24bの厚さは、第1誘電体部25および第2誘電体部26を伝播する電磁波に対する表皮厚さ未満に選ばれる。これによって、第1および第2電極24a, 24bを誘電体部22に埋め込んだときに、第1および第2電極24a, 24bによる損失を低減することができる。このような構成であっても、スイッチ1と同様の効果を達成することができ、さらに前述のスイッチ21よりも第1および第2電極24a, 24bの間隔をより近づけて設けることができるので、より低電圧でスイッチを駆動することができる。本実施の形態における第1および第2電極24a, 24bの体積抵抗率は、 $10^{-5}\Omega \cdot m$ 以上、好ましくは $10^{-4}\Omega \cdot m$ 以上を選ばれる。

30

40

【0079】

誘電体部22に埋め込まれる第1および第2電極24a, 24bの抵抗率は、 $10^{-5}\Omega \cdot m$ 以上かつ $10^8\Omega \cdot m$ 以下に選ばれるのが好ましい。第1および第2電極24a, 24bの抵抗率が $10^{-5}\Omega \cdot m$ 未満になると、電極中の電磁波の減衰が大きくなり、損失が大きくなって好ましくない。第1および第2電極24a, 24bの抵抗率が $10^{-5}\Omega \cdot m$ よりもさらに小さくなると所望のモードがカットオフになって伝播しなくなってしまう。逆に第1および第2電極24a, 24bの抵抗率が $10^8\Omega \cdot m$ を超えて大きくなりすぎると、第1および第2電極24a, 24bによって挟まれる誘電体との抵抗率の差が小さくなり、電圧降下のために所望の電圧が誘電体に印加できなくなってしまう。

【0080】

50

第1および第2電極24a, 24bの厚さは、第1および第2電極24a, 24bに用いる材質の抵抗率によって決定され、厚すぎると損失が大きくなり、さらに厚くなると所望のモードがカットオフになって伝送しなくなってしまう。薄すぎると電圧降下のために所望の電圧が誘電体に印加できなくなってしまう。たとえば第1および第2電極24a, 24bとして、抵抗率が $1 \times 10^{-4} (\Omega \cdot m)$ のもの（材質としてTaNを用いる場合を想定）および抵抗率が $1 \times 10^{-3} (\Omega \cdot m)$ のものを想定した場合において、電磁界解析をそれぞれ行ったときの、77GHzの電磁波に対する1mmあたりの電極による損失を、表1に示す。

【0081】

【表1】

10

抵抗率 = $1 \times 10^{-4} (\Omega \cdot m)$

電極の厚さ (nm)	損失 (dB)
10	0.9
30	2.5
100	8.2
320	21

【0082】

【表2】

20

抵抗率 = $1 \times 10^{-3} (\Omega \cdot m)$

電極の厚さ (nm)	損失 (dB)
10	0.1
30	0.3
100	1.0
320	3.0

【0083】

表1および表2に示す電磁界解析の結果から、電極の抵抗率が $1 \times 10^{-4} (\Omega \cdot m)$ の場合で実用上は、電極の厚さを30nm以下とするのが好ましく、電極の抵抗率が $1 \times 10^{-3} (\Omega \cdot m)$ の場合で実用上は、電極の320nm以下とするのが好ましい。ここでは、実用上好ましいという基準を損失3dBとしている。

30

【0084】

また本発明のさらに他の実施の形態において、図3に示す実施の形態のスイッチ21において、第1および第2電極24a, 24bを第1誘電体部25に埋め込んで形成してもよい。第1および第2電極24a, 24bは、誘電体部2に電界を印加可能に設けられる。また第1および第2電極24a, 24bの厚さは、第1誘電体部25を伝播する電磁波に対する表皮厚さ未満に選ばれる。これによって、第1および第2電極24a, 24bを第1誘電体部25に埋め込んだときに、第1および第2電極24a, 24bによる損失を低減することができる。このような構成であっても、スイッチ21と同様の効果を達成することができ、さらに前述のスイッチ21よりも第1および第2電極24a, 24bの間隔をより近づけて設けることができるので、より低電圧でスイッチを駆動することができる。本実施の形態における第1および第2電極24a, 24bの体積抵抗率は、 $10^{-5} \Omega \cdot m$ 以上、好ましくは $10^{-4} \Omega \cdot m$ 以上に選ばれる。

40

【0085】

また第1誘電体部25に第1および第2電極24a, 24bを埋め込んで設ける場合、複数の第1および第2電極24a, 24bを、厚さ方向Zに所定の間隔をあけて、第1電極24aと第2電極24bとが厚さ方向に交互に積層されるように形成してもよい。第1電極24aは、第1平板導電体部23aに接続され、第2電極24bは、第2平板導電体

50

部 2 3 b に接続される。電圧印加手段 1 0 を第 1 および平板導電体部 2 3 a, 2 3 b に接続することによって、第 1 および平板導電体部 2 3 a, 2 3 b を介して、各第 1 電極 2 4 a と第 2 電極 2 4 b 間に電圧を印加することができる。

【0086】

第 1 電極 2 4 a および第 2 電極 2 4 b の数は、多くしたほうが、印加できる電界強度が大きくなるので、より低電圧でスイッチを動作させることができて好ましいが、第 1 電極 2 4 a および第 2 電極 2 4 b の数を多くすると損失が大きくなる。電極を積層した場合では、電極の厚さの総和によって損失が決定される。電極の抵抗率が $1 \times 10^{-4} (\Omega \cdot m)$ の場合で実用上は、電極の厚さの総和が 30 nm 以下とするのが好ましく、電極の抵抗率が $1 \times 10^{-3} (\Omega \cdot m)$ の場合で実用上は、電極の厚さの総和が 320 nm 以下とするのが好ましい。

10

【0087】

前述した各実施の形態において、前記変化部は、印加電界に応じて寸法が変化する圧電素子によって構成されてもよい。印加電圧に応じて、電圧の印加方向において圧電素子の寸法が変化する、すなわち圧電素子の前記電圧印加方向における厚さが変化するすることによって、カットオフ周波数を変化させることができ、前述した実施の形態と同様の効果を達成することができる。圧電素子は、たとえば水晶、酸化亜鉛、窒化アルミニウム、 $Pb(Zr, Ti)O_3$ 、 $BaTiO_3$ 、 $LiNbO_3$ または $SbSI$ などによって形成される。

【0088】

20

図 4 は、スイッチ 2 1 とマイクロストリップ線路 3 1 との接続構造 3 0 を模式的に示す斜視図である。以下、スイッチ 2 1 とマイクロストリップ線路 3 1 との接続構造 3 0 を、単に「接続構造 3 0」という。図 5 は、スイッチ 2 1 の伝播方向 X に沿う軸線 A 2 を含み、厚さ方向 Z に垂直な仮想一平面における接続構造 3 0 の断面図であり、図 6 は、スイッチ 2 1 の伝播方向 X に沿う軸線 A 2 を含み、幅方向 Y に垂直な仮想一平面における接続構造 3 0 の断面図である。

【0089】

接続構造 3 0 では、第 1 誘電体部 2 5 の幅方向 Y および厚さ方向 Z の寸法は、伝播方向 X に垂直な断面において、短辺の長さに対する長辺の比を、LSM モードがカットオフとなり、LSE モードのみが伝播する状態となるまで大きくし、LSE モードがカットオフ付近で伝播するように選ばれる。また LSE モードのカットオフ周波数が、第 1 誘電体部 2 5 を伝播させる電磁波の周波数未満になるように選ばれる。

30

【0090】

スイッチ 2 1 の第 1 入出力端 2 2 a または第 2 入出力端 2 2 b の少なくともいずれか一方に、平面線路であるマイクロストリップ線路 3 1 が接続される。ここでは、スイッチ 2 1 の第 1 入出力端 2 2 a にマイクロストリップ線路 3 1 が接続される場合について示すが、スイッチ 2 1 の第 2 入出力端 2 2 b にマイクロストリップ線路 3 1 が接続される場合についても、同様である。接続構造 3 0 では、スイッチ 2 1 における電磁波の伝播方向の第 1 端面と、マイクロストリップ線路 3 1 における電磁波の伝播方向の第 1 端面とが突き合わされて接続される。

40

【0091】

マイクロストリップ線路 3 1 は、マイクロストリップ誘電体部 3 2 と、マイクロストリップ誘電体部 3 2 に設けられるストリップ導体部 3 3 と、接地導体部 3 4 とを含んで構成される。ストリップ導体部 3 3 と接地導体部 3 4 とは、所定の間隔をあけて設けられる。ストリップ導体部 3 3 と接地導体部 3 4 とは、前述した第 1 および第 2 電極 2 4 a, 2 4 b と同様の物質によって形成される。

【0092】

マイクロストリップ誘電体部 3 2 は、前述した第 2 誘電体部 2 6 と同様の物質によって形成され、第 2 誘電体部 2 6 の誘電率に等しい誘電率を有する誘電体によって形成される。マイクロストリップ誘電体部 3 2 を第 2 誘電体部 2 6 の誘電率に等しい誘電率を有する

50

誘電体によって形成することによって、反射の小さい接続構造とすることができる。マイクロストリップ誘電体部 3 2 は、厚さ方向 Z の両面が平面に形成され、本発明の実施の形態では直方体形状を有する。マイクロストリップ誘電体部 3 2 の厚さ方向 Z の第 1 表面部 3 5 には、幅方向 Y の中央部 3 6 にストリップ導体部 3 3 が積層して形成される。ストリップ導体部 3 3 は、直方体形状を有する。ストリップ導体部 3 3 は、前記伝播方向 X に沿って延びる。ストリップ導体部 3 3 の幅方向 Y の長さ L 1 1 は、第 1 誘電体部 2 5 の幅方向 Y の長さ、すなわち第 1 および第 2 平板導電体部 2 3 a, 2 3 b の間隔 L 7 未満に選ばれ、第 1 誘電体部 2 5 の厚さ方向 Z の長さ L 1 2 は、第 1 および第 2 電極 2 4 a, 2 4 b に接触しないように選ばれる。

【0093】

10

マイクロストリップ誘電体部 3 2 の厚さ方向 Z の第 2 表面部 3 8 には、接地導体部 3 4 が形成される。接地導体部 3 4 は、第 2 表面部 3 8 の全面にわたって形成される。

【0094】

ストリップ導体部 3 3 の電磁波の伝播方向 X における端面のうち、スイッチ 2 1 に臨む端面 4 1 と、前記第 1 入出力端 2 2 a の第 1 誘電体部 2 5 の端面 4 2 とを突き合わせて、誘電体部 2 2 と第 1 および第 2 平板導電体部 2 3 a, 2 3 b とによって形成される非放射性誘電体線路、およびストリップ導体部 3 3 とが結合される。マイクロストリップ線路 3 1 は、誘電体部 2 2 と第 1 および第 2 平板導電体部 2 3 a, 2 3 b とによって形成される非放射性誘電体線路の L S E モードに結合する。ストリップ導体部 3 3 のスイッチ 2 1 に臨む端面 4 1 の中央は、第 1 誘電体部 2 5 の端面 4 2 の中央に連なる。マイクロストリップ誘電体部 3 2 の幅方向 Y の寸法は、スイッチ 2 1 の幅方向 Y における第 1 および第 2 平板導電体部 2 3 a, 2 3 b の外表面間の長さに等しく選ばれる。

20

【0095】

ストリップ導体部 3 3 の伝播方向 X に垂直な断面における長手方向と、第 1 誘電体部 2 5 の伝播方向 X に垂直な断面における長手方向とが一致するように、ストリップ導体部 3 3、マイクロストリップ誘電体部 3 2 および接地導体部 3 4 の積層方向と、第 1 および第 2 誘電体部 2 5, 2 6 の積層方向とを揃えて、ストリップ導体部 3 3 と第 1 誘電体部 2 5 とが接続される。これによって、ストリップ導体部 3 3 の設計の自由度を向上させることができる。

【0096】

30

マイクロストリップ誘電体部 3 5 は、前記第 1 入出力端 2 2 a に接触して設けられる。接地導体部 3 4 は、第 2 電極部 2 4 b に接触し、第 2 電極部 2 4 b に連なって設けられる。接地導体部 3 4 は、第 1 および第 2 平板導電体部 2 3 a, 2 3 b に非接触となるように設けられる。

【0097】

ストリップ導体部 3 3 の幅方向 Y の長さ L 1 1 および厚さ方向 Z の長さ L 1 2 は、マイクロストリップ線路 3 1 の特性インピーダンスが、誘電体部 2 2 と第 1 および第 2 平板導電体部 2 3 a, 2 3 b とによって形成される非放射性誘電体線路の特性インピーダンスと整合するように選ばれる。

【0098】

40

以上のような構成とすれば、マイクロストリップ線路 3 1 の高周波の電磁界分布が、誘電体部 2 2 と第 1 および第 2 平板導電体部 2 3 a, 2 3 b とによって形成される非放射性誘電体線路の L S E モードの電磁界分布に近似するので、マイクロストリップ線路 3 1 とスイッチ 2 1 との接続部において、電磁界が円滑に移行する。したがって、マイクロストリップ線路 3 1 とスイッチ 2 1 との接続損失を低減することができる。また L S E モードの高周波信号をマイクロストリップ線路 3 1 に良好に取り出すことができるので、スイッチ 2 1 と、基板に実装されて、スイッチ 2 1 を通過する高周波信号を利用する電子回路との電氣的な接続の信頼性を向上させることができる。

【0099】

本発明のさらに他の実施の形態において、前記スイッチ 2 1 および前記マイクロストリ

50

ップ線路 31 を一体に形成して、マイクロストリップ線路付のスイッチを構成してもよい。

【0100】

図 7 は、スイッチ 21 とストリップ線路 51 との接続構造 50 を模式的に示す斜視図である。以下、スイッチ 21 とストリップ線路 51 との接続構造 50 を、単に「接続構造 50」という。図 8 は、スイッチ 21 の伝播方向 X に沿う軸線 A2 を含み、厚さ方向 Z に垂直な仮想一平面における接続構造 50 の断面図であり、図 9 は、スイッチ 21 の伝播方向 X に沿う軸線 A2 を含み、幅方向 Y に垂直な仮想一平面における接続構造 50 の断面図である。図 10 は、図 8 および図 9 の切断面線 X-X から見た断面図である。

【0101】

接続構造 50 は、図 6 に示す接続構造 30 に類似し、同様の構成を有するので、同様の部分には同一の参照符号を付して、その説明を省略する。

【0102】

スイッチ 21 の第 1 入出力端 22a および第 2 入出力端 22b の少なくともいずれか一方に、ストリップ線路 51 が接続される。ここでは、スイッチ 21 の第 1 入出力端 22a にストリップ線路 51 が接続される場合について示すが、スイッチ 21 の第 2 入出力端 22b にストリップ線路 51 が接続される場合についても、同様である。接続構造 50 では、スイッチ 21 における電磁波の伝播方向の第 1 端面と、ストリップ線路 51 における電磁波の伝播方向の第 1 端面とが突き合わされて接続される。

【0103】

ストリップ線路 51 は、ストリップ誘電体部 52 と、ストリップ誘電体部 52 に設けられるストリップ導体部 33 と、接地導体部 54 とを含んで構成される。ストリップ導体部 33 と接地導体部 34 とは、所定の間隔をあけて設けられる。

【0104】

ストリップ誘電体部 52 は、前述したマイクロストリップ誘電体部 32 と同様の物質によって形成され、接地導体部 54 は、前述した接地導体部 32 と同様の物質によって形成される。ストリップ誘電体部 52 は、直方体形状を有する。ストリップ誘電体部 52 の厚さ方向 Z および幅方向 Y の表面部には、接地導体部 54 が形成される。接地導体部 54 は、伝播方向 X に延びる軸線まわりにストリップ誘電体部 52 を外囲する。

【0105】

ストリップ導体部 33 は、ストリップ誘電体部 52 に埋め込まれて設けられる。ストリップ導体部 33 は、幅方向 Y および厚さ方向 Z においてストリップ誘電体部 52 の中央部に設けられる。ストリップ導体部 33 は、伝播方向 X においてストリップ誘電体部 52 の両端部間にわたって形成される。

【0106】

ストリップ導体部 33 は、ストリップ誘電体部 52 のスイッチ 21 に接触する端面 55 よりも、スイッチ 21 側に突出する突出部 56 を有する。第 1 誘電体部 25 のストリップ線路 51 に臨む端面 57 には、前記突出部 56 が挿入される挿入孔 58 が形成される。挿入孔 58 は、突出部 56 と同じ大きさに形成される。突出部 56 は、前記挿入孔 58 に挿入して設けられる。突出部 56 および挿入孔 58 の伝播方向 X に沿う方向の長さ L_{14} は、伝播する電磁波の、突出部 56 における波長の約 $(2n-1)/4$ (n は自然数) に選ばれる。これによって、第 1 入出力端 22a とストリップ線路 51 との界面で反射した電磁波と、突出部 56 の先端と第 1 誘電体部 25 との界面で反射した電磁波との位相差を、 π として、反射波を打ち消すことができ、スイッチ 21 とストリップ線路 51 との界面における反射が低減され、損失を低減することができる。

【0107】

ストリップ誘電体部 52 と第 1 および第 2 誘電体部 25, 26 とは接触して接続される。接地導体部 54 は、第 1 および第 2 平板導電体部 23a, 23b に接触して設けられる。また接地導体部 54 は、第 1 および第 2 電極 24a, 24b と非接触に設けられる。接地導体部 54 と、第 1 および第 2 電極 24a, 24b とは、伝播方向 X に予め定める距離

10

20

30

40

50

L15 離間して設けられる。予め定める距離 L15 は、たとえば $1\ \mu\text{m} \sim 50\ \mu\text{m}$ に選ばれる。

【0108】

ストリップ線路 51 は、誘電体部 22 と第 1 および第 2 平板導電体部 23a, 23b とによって形成される非放射性誘電体線路の LSE モードに結合する。ストリップ導体部 33 と、第 1 誘電体部 25 とは、同軸に設けられる。ストリップ線路 51 の幅方向 Y の寸法は、スイッチ 21 の幅方向 Y における第 1 および第 2 平板導電体部 23a, 23b の外表面間の長さに等しく選ばれ、ストリップ線路 51 の厚さ方向 Z の寸法は、スイッチ 21 の厚さ方向 Z における第 1 および第 2 電極 24a, 24b の外表面間の長さに等しく選ばれる。

10

【0109】

ストリップ導体部 33 の伝播方向 X に垂直な断面における長手方向と、第 1 誘電体部 25 の伝播方向 X に垂直な断面における長手方向とが一致するように、ストリップ導体部 33 と第 1 誘電体部 25 とが接続される。これによって、ストリップ導体部 33 の設計の自由度を向上させることができる。

【0110】

ストリップ導体部 33 の幅方向 Y の長さ L11 および厚さ方向 Z の長さ L12 は、ストリップ線路 51 の特性インピーダンスが、誘電体部 22 と第 1 および第 2 平板導電体部 23a, 23b とによって形成される非放射性誘電体線路の特性インピーダンスと整合するように選ばれる。

20

【0111】

以上のような構成とすれば、ストリップ線路 51 の高周波の電磁界分布が、誘電体部 22 と第 1 および第 2 平板導電体部 23a, 23b とによって形成される非放射性誘電体線路の LSE モードの電磁界分布に近似するので、ストリップ線路 51 とスイッチ 21 との接続部において、電磁界が円滑に移行するので接続損失を低減することができる。また LSE モードの高周波信号をストリップ線路 51 に良好に取り出すことができるので、スイッチ 21 と、基板に実装されて、スイッチ 21 を通過する高周波信号を利用する電子回路との電気的な接続の信頼性を向上させることができる。

【0112】

本発明のさらに他の実施の形態において、前記スイッチ 21 と前記ストリップ線路 51 とを一体形成して、ストリップ線路付のスイッチを構成してもよい。

30

【0113】

前述した図 6 に示す接続構造において、ストリップ導体部 33 に前記突出部 56 を設けて、前記突出部 56 を第 1 誘電体部 25 に設けられる挿入孔 58 に挿入して構成してもよい。

【0114】

図 11 は、本発明の実施の一形態の高周波送信器 60 の構成を示す模式図である。高周波送信器 60 は、前述した図 1 に示す実施の形態のスイッチ 1 と、高周波発振器 61 と、高周波伝送線路 62 と、送信用アンテナ 63 とを含んで構成される。高周波発振器 61 は、ガンダイオードを利用したガン発振器、インパットダイオードを利用したインパット発振器または FET (Field Effect Transistor) などを利用した MMIC (Microwave

40

Monolithic Integrated Circuit) 発振器などを含んで構成され、所定の周波数の高周波信号を発生する。高周波伝送線路 62 は、マイクロストリップ線路、またはストリップ線路によって構成される。高周波伝送線路 62 の高周波信号の伝送方向の第 1 端部 62a は高周波発振器 61 に接続され、高周波伝送線路 62 の高周波信号の伝送方向の第 2 端部 62b は送信用アンテナ 63 に接続される。送信用アンテナ 63 は、パッチアンテナまたはホーンアンテナによって実現される。高周波信号の伝送方向は、電磁波の伝播方向である。

【0115】

スイッチ 1 は、前述したマイクロストリップ線路 31、または前述したストリップ線路

50

51を介して高周波伝送線路62に挿入され、伝播状態とすることによって高周波伝送線路62に伝送される高周波信号を透過し、カットオフ状態とすることによって高周波伝送線路62に伝送される高周波信号を遮断する。さらに具体的に述べると、高周波伝送線路62は、第1および第2高周波伝送線路68, 69を含んで構成される。第1高周波伝送線路68の高周波信号の伝送方向における第1端部68aは、高周波発振器61に接続され、第1高周波伝送線路68の高周波信号の伝送方向における第2端部68bは、スイッチ1の第1入出力端2aに接続される。第2高周波伝送線路69の高周波信号の伝送方向における第1端部69aは、スイッチ1の第2入出力端2bに接続され、第2高周波伝送線路69の高周波信号の伝送方向における第2端部69bは、送信用アンテナ63に接続される。

10

【0116】

スイッチ1が伝播状態のとき、高周波発振器61が発生した高周波信号は、高周波伝送線路62に伝送されて、スイッチ1の誘電体部2を通過して送信用アンテナ63に与えられ、電波として放射される。またスイッチ1がカットオフ状態のとき、高周波発振器61が発生した高周波信号は、スイッチ1を透過しないので送信用アンテナ63には伝送されない。スイッチ1の伝播状態とカットオフ状態とを切替えることによって、送信用アンテナ63からパルス信号波を放射することができる。大きなON/OFF比を得ることができるとともに、耐久性に優れた信頼性の高い高周波スイッチを用いることによって、信頼性の高い高周波送信器60を実現することができる。電圧印加手段10が、所定の情報に基づいて、スイッチ1に電圧を印加して、スイッチ1をON/OFFすることによって、

20

【0117】

高周波送信器60では、スイッチ1を用いているが、前記スイッチ1に変えて、前述した実施の形態のスイッチ11, 21など、前述した各実施の形態のスイッチのうちのいずれか1つを用いてもよい。このように構成しても、同様の効果を達成することができる。また高周波送信器60において、前記高周波伝送線路62は、マイクロストリップ線路およびストリップ線路の他に、コプレーナ線路、グラウンド付きコプレーナ線路、スロット線路、導波管または誘電体導波管などによって実現されてもよい。

【0118】

図12は、本発明の実施の一形態の高周波送受信器80を備えるレーダ装置90の構成を示す模式図である。レーダ装置90において、図11示す前述した実施の形態の高周波送信器60と同様の構成には、同一の参照符号を付して、その説明を省略する場合がある。レーダ装置90は、高周波送受信器80と、距離検出器91を含んで構成される。

30

【0119】

高周波送受信器80は、高周波発振器61と、第1～第5高周波伝送線路81, 82, 83, 84, 85と、切替器86と、分波器87と、送受信アンテナ88と、ミキサ89と、スタブ64と、スイッチ1とを含んで構成される。送受信アンテナ88は、パッチアンテナまたはホーンアンテナによって実現される。第1～第5高周波伝送線路81, 82, 83, 84, 85は、前述した高周波伝送線路62と同様の構成を有する。

【0120】

第1高周波伝送線路81の高周波信号の伝送方向の第1端部81aは、高周波発振器61に接続され、第1高周波伝送線路81の高周波信号の伝送方向の第2端部81bは、切替器86に接続される。スイッチ1は、第1高周波伝送線路71に挿入される。スイッチ1は、伝播状態のときに誘電体部2を高周波信号が透過するように第1高周波伝送線路71に挿入される。第1および第2電極4a, 4b間に電圧を印加して、誘電体部2の誘電率を変化させることによって、高周波信号を透過または遮断することができる。スタブ64は、高周波信号の伝送方向におけるスイッチ1の上流側および下流側のうち少なくとも一方で、前記第1高周波伝送線路71に設けられる。スタブ64は、たとえばオープンスタブによって実現され、高周波送受信器80の特性調整回路として機能する。

40

【0121】

50

切替器 8 6 は、第 1、第 2 および第 3 端子 8 6 a, 8 6 b, 8 6 c を有し、第 1 端子 8 6 a に与えられる高周波信号を、第 2 端子 8 6 b および第 3 端子 8 6 c に選択的に出力する。第 1 端子 8 6 a には、第 1 高周波伝送線路 8 1 の高周波信号の伝送方向の第 2 端部 8 1 b が接続される。第 2 端子 8 6 b には、第 2 高周波伝送線路 8 2 の高周波信号の伝送方向の第 1 端部 8 2 a が接続される。前記第 3 端子 8 6 c には、第 4 高周波伝送線路 8 4 の高周波信号の伝送方向の第 1 端部 8 4 a が接続される。切替器 8 6 の具体的な構成については、後述する。

【0122】

分波器 8 7 は、第 4、第 5 および第 6 端子 8 7 a, 8 7 b, 8 7 c を有し、第 4 端子 8 7 a に与えられる高周波信号を第 5 端子 8 7 b に出力し、第 5 端子 8 7 b に与えられる高周波信号を第 6 端子 8 7 c に出力する。第 2 高周波伝送線路 8 2 の高周波信号の伝送方向の第 2 端部 8 2 b は、前記第 4 端子 8 7 a に接続される。前記第 5 端子 8 7 b には、第 3 高周波伝送線路 8 3 の高周波信号の伝送方向の第 1 端部 8 3 a が接続される。第 3 高周波伝送線路 8 3 の高周波信号の伝送方向の第 2 端部 8 3 b は、送受信用アンテナ 8 8 に接続される。前記第 6 端子 8 7 c には、第 5 高周波伝送線路 8 5 の高周波信号の伝送方向の第 1 端部 8 5 a が接続される。第 4 高周波伝送線路 8 4 の高周波信号の伝送方向の第 2 端部 8 4 b と、第 5 高周波伝送線路 8 5 の高周波信号の伝送方向の第 2 端部 8 5 b とは、ミキサ 8 9 に接続される。分波器の具体的な構成については、後述する。

【0123】

高周波発振器 6 1 で発生した高周波信号は、第 1 高周波伝送線路 8 1 およびスイッチ 1 を通過して、切替器 8 6、第 2 高周波伝送線路 8 2、分波器 8 7、および第 3 高周波伝送線路 8 2 を介して送受信用アンテナ 8 8 に与えられ、送受信用アンテナ 8 8 から電波として放射される。また、高周波発振器 6 1 で発生した高周波信号は、第 1 高周波伝送線路 8 1 およびスイッチ 1 の誘電体部 2 を通過して、切替器 8 6 および第 4 高周波伝送線路 8 4 を介してミキサ 8 9 にローカル信号として与えられる。

【0124】

送受信用アンテナ 8 8 によって外部から到来する電波を受信すると、送受信用アンテナ 8 8 は電波に基づく高周波信号を第 3 高周波伝送線路 8 3 に与え、分波器 8 7、第 5 高周波伝送線路 8 5 を介してミキサ 8 9 に高周波信号が与えられる。

【0125】

ミキサ 8 9 は、第 4 および第 5 高周波伝送線路 8 4, 8 5 から与えられる高周波信号を混合して中間周波信号を出力する。ミキサ 8 9 から出力される中間周波信号は、距離検出器 9 1 に与えられる。

【0126】

距離検出器 9 1 は、前述した検波器 7 1 を含んで構成され、高周波送受信器 8 0 から放射され、測定対象物によって反射された電波（エコー）を受信して得られる前記中間周波信号に基づいて、測定対象物までの距離を算出する。距離検出器 9 1 は、たとえばマイクロコンピュータによって実現される。

【0127】

図 1 3 は、切替器 8 6 の構成を示す模式図である。切替器 8 6 は、2 つのスイッチ 1 を含んで構成される。2 つのスイッチ 1 を、第 1 スイッチ 1 A および第 2 スイッチ 1 B という。第 1 スイッチ 1 A は、伝播状態とすることによって第 1 端子 8 6 a および第 2 端子 8 6 b 間で高周波信号を透過し、かつカットオフ状態とすることによって第 1 端子 8 6 a および第 2 端子 8 6 b 間で高周波信号を遮断する。第 2 スイッチ 1 B は、伝播状態とすることによって第 1 端子 8 6 a および第 3 端子 8 6 c 間で高周波信号を透過し、かつカットオフ状態とすることによって第 1 端子 8 6 a および第 3 端子 8 6 c 間で高周波信号を遮断する。第 1 および第 2 スイッチ 1 A, 1 B の第 1 入出力端 2 a 同士を接続して第 1 端子 8 6 a とする。また第 1 スイッチ 1 A の第 2 入出力端子 2 b を第 2 端子 8 6 b とする。また第 2 スイッチ 1 B の第 2 入出力端子 2 b を第 3 端子 8 6 c とする。

【0128】

第1および第2スイッチ1A, 1Bには、図示しない制御部から制御信号が与えられ、制御信号に基づいて第1スイッチ1Aが伝播状態のときに、第2スイッチ1Bをカットオフ状態とし、第1スイッチ1Aがカットオフ状態のときに、第2スイッチ1Bを伝播状態とすることによって、第1端子86aから入力される高周波信号を、第2および第3端子86b, 86cから選択的に出力することができる。レーダ装置90は、パルスレーダによって実現される。前記制御部は、第1および第2スイッチ1A, 1Bを制御して、第1端子86aおよび第2端子86bを接続して、パルス状の高周波信号を第2端子86bから出力させた後、第1および第2スイッチ1A, 1Bを制御して、第1端子86aおよび第3端子86cを接続して、高周波信号を第3端子86cから出力させる。大きなON/OFF比を得ることができるとともに、耐久性に優れた信頼性の高いスイッチ1を用いて切替器86を構成することによって、信頼性の高い高周波送受信器80を実現することができる。

10

【0129】

図14は、分波器87の構成を示す模式図である。分波器87は、2つのスイッチ1を含んで構成される。2つのスイッチ1を、第3スイッチ1Cおよび第4スイッチ1Dという。第3スイッチ1Cは、伝播状態とすることによって第4端子87aおよび第5端子87b間で高周波信号を透過し、かつカットオフ状態とすることによって第4端子87aおよび第5端子87b間で高周波信号を遮断する。第4スイッチ1Dは、伝播状態とすることによって第5端子87bおよび第6端子87c間で高周波信号を透過し、かつカットオフ状態とすることによって第5端子87bおよび第6端子87c間で高周波信号を遮断する。第3スイッチ1Cの第1入出力端2aを、第4端子87aとする。また第3および第4スイッチ1C, 1Dの第2入出力端2b同士を共通に接続して、第5端子87bとする。第4スイッチ1Dの第1入出力端2aを、第6端子87cとする。

20

【0130】

第3および第4スイッチ1C, 1Dには、図示しない制御部から制御信号が与えられ、制御信号に基づいて第3スイッチ1Cが伝播状態のときに、第4スイッチ1Dをカットオフ状態とし、第3スイッチ1Cがカットオフ状態のときに、第4スイッチ1Dを伝播状態とすることによって、第4端子87aから入力される高周波信号を、第5端子87bから出力し、第5端子87bから入力される高周波信号を、第6端子87cから出力することができる。前記制御部は、第3および第4スイッチ1C, 1Dを制御して、第4端子87aおよび第5端子87bを接続して、パルス状の高周波信号を送受信アンテナ88に伝送した後、第3および第4スイッチ1C, 1Dを制御して、第5端子87bおよび第6端子87cを接続して、送受信アンテナ88によって捕捉した高周波信号を第6端子87cから出力させる。大きなON/OFF比を得ることができるとともに、耐久性に優れた信頼性の高いスイッチ1を用いて分波器87を構成することによって、信頼性の高い高周波送受信器80を実現することができる。

30

【0131】

第1高周波伝送線路81に挿入されるスイッチ1を伝播状態とすることによって、高周波発振器61が発生した高周波信号は、第1高周波伝送線路81に伝送されて切替器86の第1端子86aに与えられ、切替器86の第2端子86bから第2高周波伝送線路82に与えられ、分波器87の第4端子87aに与えられて、分波器87の第5端子87bから第3高周波伝送線路83に与えられて、送受信アンテナ88から放射される。また第1高周波伝送線路81に挿入されるスイッチ1がカットオフ状態となると、高周波発振器61が発生した高周波信号はスイッチ1を透過しないので、遮断されて、送受信アンテナ88からは放射されない。スイッチ1の伝播状態とカットオフ状態とを切替えることによって、送受信アンテナ88からパルス信号波を放射することができる。大きなON/OFF比を得ることができるとともに、耐久性に優れた信頼性の高いスイッチ1を用いることによって、信頼性の高い高周波送受信器を実現することができる。

40

【0132】

レーダ装置90では、前記高周波送受信器80からの中間周波信号に基づいて、距離検

50

出器が探知対象物までの距離を検出するので、検知対象物までの距離を正確に検出することができる。

【0133】

また高周波受信器80では、前記スイッチ1、1A、1B、1C、1Dに変えて、スイッチ11、21または前述した各実施の形態のスイッチのうちのいずれか1つを用いてもよい。このように構成しても、同様の効果を達成することができる。

【0134】

前述した実施の形態のレーダ装置90において、分波器87は、ハイブリッド回路またはサーキュレータによって実現されてもよい。ハイブリッド回路は、方向性結合器であって、マジックT、ハイブリッドリングまたはラットレースなどによって実現される。この

10

【0135】

なお、本発明は以上の各実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内で種々の変更を行なうことは何等差し支えない。

【図面の簡単な説明】

【0136】

【図1】本発明の実施の一形態の高周波スイッチ1を模式的に示す断面図である。

【図2】本発明の他の実施の形態の高周波スイッチ11を模式的に示す断面図である。

【図3】本発明の実施のさらに他の形態の高周波スイッチ21を模式的に示す断面図である。

20

【図4】スイッチ21とマイクロストリップ線路31との接続構造30を模式的に示す斜視図である。

【図5】スイッチ21の伝播方向Xに沿う軸線A2を含み、厚さ方向Zに垂直な仮想一平面における接続構造30の断面図である。

【図6】スイッチ21の伝播方向Xに沿う軸線A2を含み、幅方向Yに垂直な仮想一平面における接続構造30の断面図である。

【図7】スイッチ21とストリップ線路51との接続構造50を模式的に示す斜視図である。

【図8】スイッチ21の伝播方向Xに沿う軸線A2を含み、厚さ方向Zに垂直な仮想一平面における接続構造50の断面図である。

30

【図9】スイッチ21の伝播方向Xに沿う軸線A2を含み、幅方向Yに垂直な仮想一平面における接続構造50の断面図である。

【図10】図8および図9の切断面線X-Xから見た断面図である。

【図11】本発明の実施の一形態の高周波送信器60の構成を示す模式図である。

【図12】本発明の実施の一形態の高周波送受信器80を備えるレーダ装置90の構成を示す模式図である。

【図13】切替器86の構成を示す模式図である。

【図14】分波器87の構成を示す模式図である。

【符号の説明】

【0137】

40

1, 11, 21 高周波スイッチ

2, 22 誘電体部

3 導電体部

4a, 24a 第1電極

4b, 24b 第2電極

23a 第1平板導電体部

23b 第2平板導電体部

25 第1誘電体部

26 第2誘電体部

31 マイクロストリップ線路

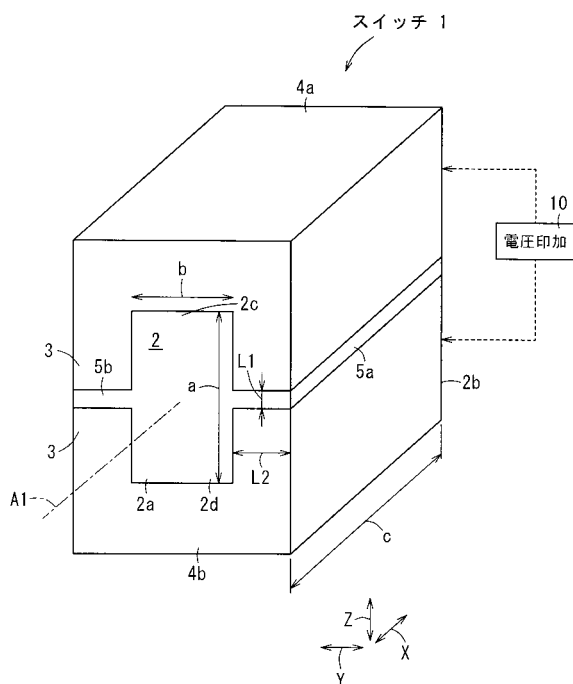
50

- | | |
|-----------------------------------|-------------|
| 3 4 , 5 4 | 接地導体部 |
| 5 1 | ストリップ線路 5 1 |
| 5 6 | 突出部 |
| 5 8 | 挿入孔 |
| 6 0 | 高周波送信器 |
| 6 1 | 高周波発振器 |
| 6 2 , 8 1 , 8 2 , 8 3 , 8 4 , 8 5 | 高周波伝送線路 |
| 6 3 | 送信用アンテナ |
| 6 4 | スタブ |
| 7 0 | 高周波受信器 |
| 7 1 | 高周波検波器 |
| 7 3 | 受信用アンテナ |
| 8 0 | 高周波送受信器 |
| 9 0 | レーダ装置 |
| 9 1 | 距離検出器 |
| 8 6 | 切替器 |
| 8 7 | 分波器 |
| 8 8 | 送受信用アンテナ |
| 8 9 | ミキサ |
| 8 6 a | 第 1 端子 |
| 8 6 b | 第 2 端子 |
| 8 6 c | 第 3 端子 |
| 8 7 a | 第 4 端子 |
| 8 7 b | 第 5 端子 |
| 8 7 c | 第 6 端子 |

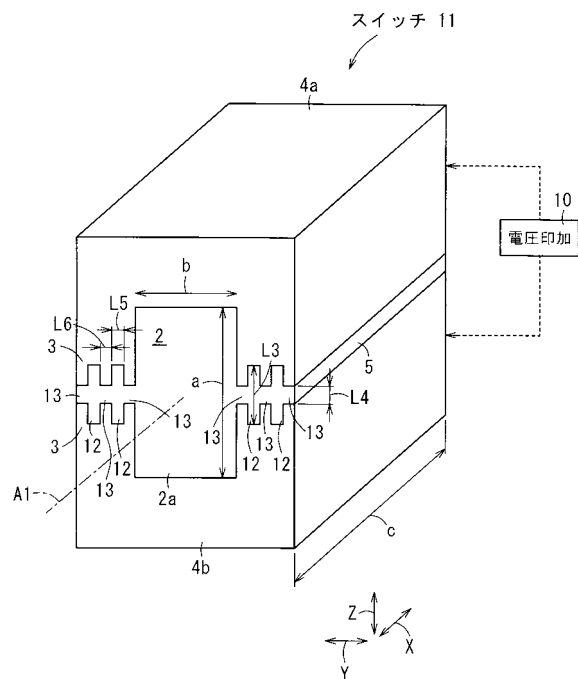
10

20

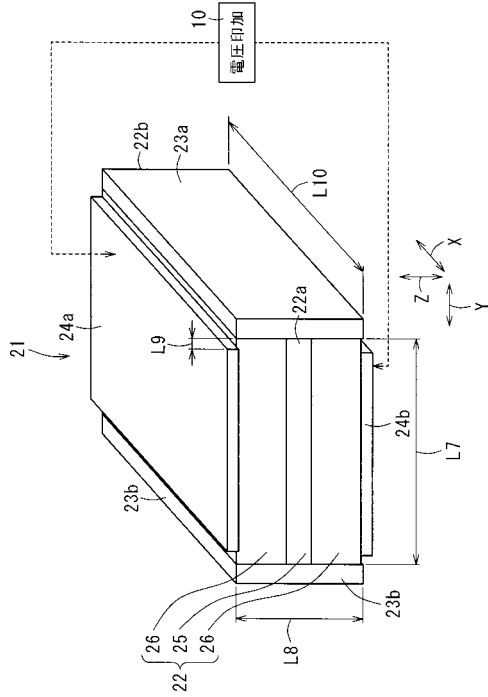
【図 1】



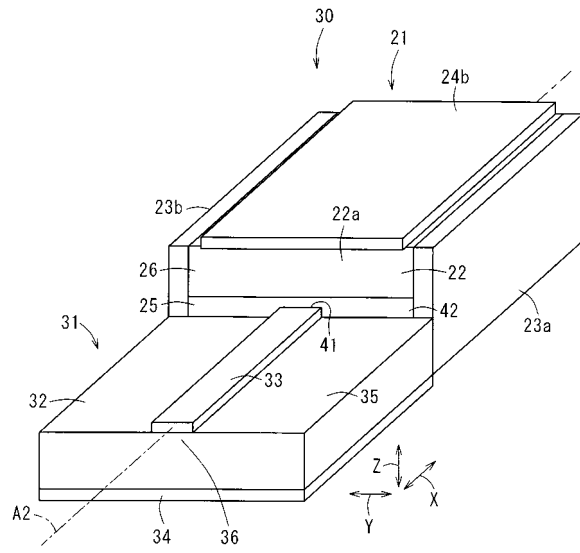
【図 2】



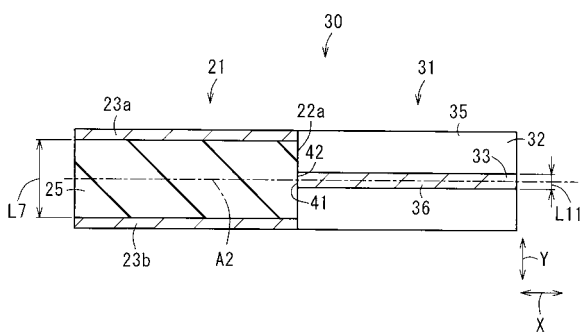
【図 3】



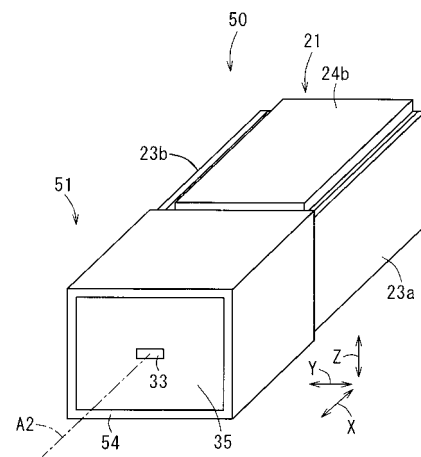
【図 4】



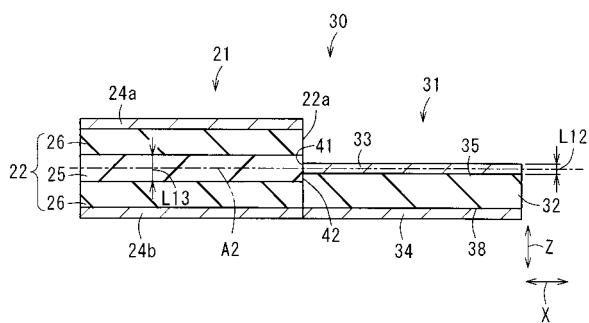
【図 5】



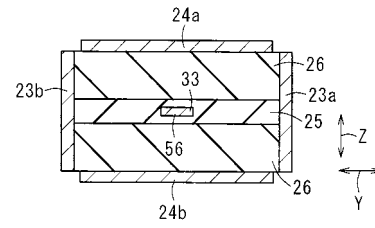
【図 7】



【図 6】



【図 10】



【図 1 1】

60

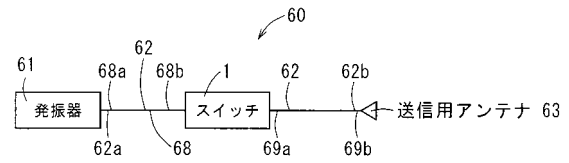
61 62a 68a 62b 68b

発振器

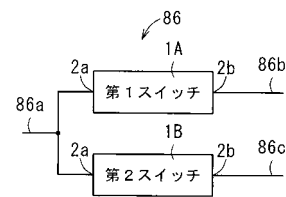
1

スイッチ

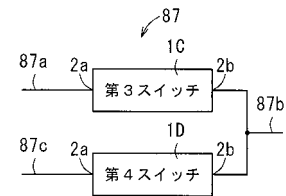
送信用アンテナ 63



【图 1 3】



【図 14】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2001-091914 (JP, A)
特表平11-507786 (JP, A)
特開2005-274331 (JP, A)
特開2006-050581 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01S	13/02			
G02F	1/025			
H01P	1/10、	1/18、	1/20、	3/00
H04B	1/38			