

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4475195号
(P4475195)

(45) 発行日 平成22年6月9日(2010.6.9)

(24) 登録日 平成22年3月19日(2010.3.19)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 P 1/203 (2006.01)

H O 1 P 1/203

請求項の数 2 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2005-209585 (P2005-209585)
 (22) 出願日 平成17年7月20日(2005.7.20)
 (65) 公開番号 特開2007-28366 (P2007-28366A)
 (43) 公開日 平成19年2月1日(2007.2.1)
 審査請求日 平成20年6月18日(2008.6.18)

(出願人による申告) 国等の委託研究の成果に係る特許出願(平成17年度新エネルギー・産業技術総合開発機構基盤技術研究促進事業(民間基盤技術研究支援制度)委託研究、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受けるもの)

(73) 特許権者 000003159

東レ株式会社

東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号

(72) 発明者 朝日 昇

滋賀県大津市園山1丁目1番1号 東レ株式会社滋賀事業場内

(72) 発明者 野中 敏央

滋賀県大津市園山1丁目1番1号 東レ株式会社滋賀事業場内

審査官 岸田 伸太郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高周波フィルタ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

グラウンド層と誘電体層と配線層がこの順に積層されており、配線層はスタブと伝送線路を有し、配線層とグラウンド層の間にある誘電体層のうち、伝送線路とグラウンド層の間にある誘電体層が、低誘電率層と高誘電率層を積層することにより形成されており、スタブとグラウンド層の間にある誘電体層が、伝送線路とグラウンド層の間にある誘電体層よりも、高誘電率であることを特徴とする高周波フィルタ。

【請求項2】

グラウンド層と誘電体層と配線層がこの順に積層されており、配線層はスタブと伝送線路を有し、配線層とグラウンド層の間にある誘電体層のうち、伝送線路とグラウンド層の間にある誘電体層が、低誘電率層と高誘電率層を積層することにより形成され、スタブとグラウンド層の間にある誘電体層が、低誘電率層、第二グラウンド層および高誘電率層を積層することにより形成されており、スタブと第二グラウンド層の間にある高誘電率層が、伝送線路とグラウンド層の間にある誘電体層よりも、高誘電率であることを特徴とする高周波フィルタ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、携帯電話や無線機器等のRFモジュール等に用いる小型化を可能にした分布定数型の高周波フィルタに関する。

【背景技術】

【 0 0 0 2 】

近年、携帯電話に代表されるように電子回路の小型化や高性能化が進み、より多くの回路素子がワンチップに納められるようになってきた。特に信号の高速化、ブロードバンド化により G H z 帯の帯域通過フィルタ等の小型化、高性能化が強く望まれている。また、製造の低コスト化、製造プロセスの簡略化などの課題に対する解決も強く求められている。

【 0 0 0 3 】

帯域通過フィルタ等は、例えば携帯電話や無線機器といった通信機器の R F 回路部で受信の周波数帯域を区別したり、不要な周波数帯域を取り除くために使われる。理想的な帯域通過フィルタの特性を図 2 に示す。所望の通過帯域の損失が少なく平坦な信号通過帯域幅を持ち、かつ急峻で十分な減衰特性を有している。このような帯域通過フィルタは、一般に集中定数回路素子を用いた場合、図 3 に示すように L C 並列共振回路 (a) や直列共振回路 (b) を用いることにより所望の特性を有する回路を構成する。直列共振器は、L (インダクタのインダクタンス) と C (キャパシタのキャパシタンス) の共振周波数

【 0 0 0 4 】

【 数 1 】

$$f_0 = 1 / 2 \pi \sqrt{LC}$$

【 0 0 0 5 】

でインピーダンスが 0 となり、所望の周波数を取り出す方法であり、並列共振器は共振周波数 f_0 でインピーダンスが無限大となることにより所望の周波数を取り出す方法である。さらに広帯域で理想な周波数特性に近づけるためには、複数の共振回路を組み合わせることにより行う。

【 0 0 0 6 】

また、1 G H z 以上もの周波数を取り扱う場合には、信号の波長が素子の大きさに近くなり集中定数の L や C を使用することができなくなるため、マイクロストリップ線路などを利用して構成することが一般的である。

【 0 0 0 7 】

図 4 と図 5 は、従来のマイクロストリップ線路を用いて構成した高周波帯域通過フィルタである (特許文献 1 、 2 、 非特許文献 1 参照) 。これらは、基本的には $\lambda / 2$ の長さを持つ線路を組み合わせることで共振器を構成する。図 4 に示す高周波帯域通過フィルタでは各線路の端部がギャップ 1 2 を介して、図 5 に示す高周波帯域通過フィルタでは各線路の側部がギャップ 1 5 を介して結合し、共振器を構成している。

【 0 0 0 8 】

図 6 はスタブを利用した高周波帯域通過フィルタを示している。入力 4 から出力 5 への伝送線路 2 の途中に、通過帯域となる中心周波数の 4 分の 1 の波長 ($\lambda / 4$) からなり、スタブの伝送線路に接続されていない側の先端がアース接続されたスタブ 1 (ショートスタブ) を設けて構成される (特許文献 3 、 非特許文献 2 参照) 。通過帯域の幅は、スタブの特性インピーダンスと伝送線路の特性インピーダンスの比を変えることで変更することができ、スタブの特性インピーダンスは線路幅を変えることで変更することができる。

【 0 0 0 9 】

また、小型化を目的として基板に高誘電率材料を用いた高周波フィルタ (特許文献 4 参照) もある。

【特許文献 1】特開 2 0 0 1 - 3 5 8 5 0 1 号公報 (特許請求の範囲)

【特許文献 2】特開平 9 - 2 3 2 8 0 7 号公報 (特許請求の範囲)

【特許文献 3】特開 2 0 0 4 - 2 9 7 4 1 1 号公報 (特許請求の範囲)

【特許文献 4】特開平 7 - 1 2 2 9 0 6 号公報 (特許請求の範囲)

【非特許文献１】上野伴希著、「試作で学ぶ高周波フィルタの設計法」第１版、総合電子出版、２００２年１月、ｐ．１１１

【非特許文献２】市川裕一著、「シミュレーションで始める高周波回路設計」初版、ＣＱ出版、２００５年３月、ｐ．１２５～１２６

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【００１０】

スタブを利用した高周波フィルタのスタブの長さは、フィルタの狙いとする信号通過帯域または信号阻止帯域の中心周波数に対応する波長 λ の $n/4$ (n は自然数) に設定する必要がある。従来はスタブに接する誘電体層の比誘電率が小さかったため、中心周波数に対応する波長 λ が受ける影響が小さく、スタブの長さを短くすることができず、スタブを利用した高周波フィルタを小型化するのが困難であった。また、誘電体層全体に高誘電率材料を用いたものは伝送線路の特性インピーダンスが小さくなり、５０ Ω とすることが困難で、一般に５０ Ω で設計されている周辺回路とのインピーダンスマッチングが取りにくくなり、信号の損失を低減することが困難であった。

【課題を解決するための手段】

【００１１】

すなわち本発明は、グランド層と誘電体層と配線層がこの順に積層されており、配線層はスタブと伝送線路を有し、配線層とグランド層の間にある誘電体層のうち、伝送線路とグランド層の間にある誘電体層が、低誘電率層と高誘電率層を積層することにより形成されてい

て、スタブとグランド層の間にある誘電体層が、伝送線路とグランド層の間にある誘電体層よりも、高誘電率であることを特徴とする高周波フィルタである。
また本発明の別の態様は、グランド層と誘電体層と配線層がこの順に積層されており、配線層はスタブと伝送線路を有し、配線層とグランド層の間にある誘電体層のうち、伝送線路とグランド層の間にある誘電体層が、低誘電率層と高誘電率層を積層することにより形成され、スタブとグランド層の間にある誘電体層が、低誘電率層、第二グランド層および高誘電率層を積層することにより形成されており、スタブと第二グランド層の間にある高誘電率層が、伝送線路とグランド層の間にある誘電体層よりも、高誘電率であることを特徴とする高周波フィルタである。

【発明の効果】

【００１２】

本発明によれば、高誘電率を有する誘電体層をスタブとグランド層の間という特定位置に配置することにより、容易に伝送線路の特性インピーダンスを５０ Ω とすることができ、かつスタブの波長短縮率を小さくすることができる。その結果、信号の損失が非常に小さく、スタブの長さを短く小型化した高周波フィルタが実現できる。しかも、スタブの特性インピーダンスを小さくすることができるので、急峻なフィルタ特性を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１３】

本発明はグランド層と配線層と誘電体層がこの順に積層されており、配線層にはスタブが接続された伝送線路が形成されている高周波フィルタに関する。本発明は、スタブの波長短縮率に着目し、配線層とグランド層の間にある誘電体層のうち、スタブとグランド層の間にある誘電体層が、伝送線路とグランド層の間にある誘電体層よりも高誘電率になるようにしたものである。

【００１４】

本発明について帯域通過フィルタを例にあげ、説明する。帯域通過フィルタの場合、スタブと伝送線路の接合部からみてスタブの入力インピーダンス Z_i はスタブの特性インピーダンス Z_0 を用いて、 $Z_i = j Z_0 \tan \left(\frac{\pi L}{\lambda} \right)$ (λ : 電気長) と表される。スタブの長さ L が、 $L < \lambda/4$ の範囲ではインダクタとして、 $\lambda/4 < L < \lambda/2$ の範囲ではキャパシタとして機能し、 $L = \lambda/4$ では $Z_i = \infty$ となる。すなわち、伝送線路の結合部からみたス

10

20

30

40

50

タブの入力インピーダンスを並列共振回路と同様に無限大状態にして信号を反射させることにより、所望の通過帯域の信号を得る。

【0015】

ここで、波長 λ は $\lambda = k \lambda_0$

(λ_0 : 信号通過帯域の中心周波数に対応した波長であり、配線層がすべて比誘電率 1 の誘電体層で覆われているとして算出される波長。 k は波長短縮率。)

である。用いる誘電体層の比誘電率によって信号の伝搬速度は変化し、比誘電率が 1 である自由空間の場合よりも遅くなるので、スタブの長さ $\lambda/4$ は、波長短縮率 k を考慮したものでなければならない。配線層がすべて均一の比誘電率 ϵ_r を持つ誘電体層で覆われているとすると、波長短縮率は以下の式で表される。

10

【0016】

【数 2】

$$k = 1 / \sqrt{\epsilon_r}$$

ϵ_r : 誘電体層の比誘電率

【0017】

次に、高周波帯域通過フィルタをマイクロストリップ線路で形成する場合について本発明を説明する。

20

【0018】

マイクロストリップ線路は、空気、配線層、誘電体層の積層構成となっている。電磁界解析的にはこれと等価なものとして、実効比誘電率 (ϵ_{eff}) を有する仮想誘電体層 A、スタブ (配線層)、実効比誘電率を有する仮想誘電体層 A の順番で積層された積層体として計算を行うことができる。スタブの特性インピーダンス Z_s は近似的に、

【0019】

【数 3】

$\frac{w}{h} \leq 1$ のとき、

$$\varepsilon_{eff} = \frac{\varepsilon_r + 1}{2} + \frac{\varepsilon_r - 1}{2} \left[\left(1 + \frac{12h}{w} \right)^{-\frac{1}{2}} + 0.04 \left(1 - \frac{w}{h} \right)^2 \right]$$

$$Z_s = \frac{60}{\sqrt{\varepsilon_{eff}}} \ln \left(\frac{8h}{w} + \frac{0.25w}{h} \right)$$

10

$\frac{w}{h} \geq 1$ のとき、

$$\varepsilon_{eff} = \frac{\varepsilon_r + 1}{2} + \frac{\varepsilon_r - 1}{2} \left(1 + \frac{12h}{w} \right)^{-\frac{1}{2}}$$

20

$$Z_s = \frac{120\pi}{\sqrt{\varepsilon_{eff}}} \left[\frac{h}{w} + 1.393 + 0.667 \ln \left(\frac{w}{h} + 1.444 \right) \right]^{-1}$$

ε_r : 誘電体層の比誘電率、 h : 誘電体層の厚さ、 w : 線路幅

【0020】

と表される。このとき、スタブの波長短縮率は

【0021】

30

【数 4】

$$k = 1 / \sqrt{\varepsilon_{eff}}$$

【0022】

となる。したがって、誘電体層の比誘電率を大きくすると実効比誘電率が大きくなるので、スタブの周辺にある誘電体層の比誘電率を大きくすることが重要である。

【0023】

スタブの周辺にある誘電体層の比誘電率を大きくすると、上記数式 3 にあるようにスタブの特性インピーダンスを小さくすることができ、本発明のように、スタブとグランド層の間にある誘電体層を高誘電率化することによって達成できる。このためスタブの幅や誘電体層の厚さを変えることなく特性インピーダンスを小さくし、急峻なフィルタ特性を得ることが可能となる。

40

【0024】

さらに、上記数式 4 からスタブの長さを

【0025】

【数 5】

$$1 / \sqrt{\epsilon_{eff}}$$

【0026】

に比例して短くすることができる。

【0027】

なお、伝送線路の特性インピーダンスは、伝送線路の幅や配線層の厚さ、さらには誘電体層の厚さと比誘電率等で決定される。通常は50 になるよう設計される。

10

【0028】

本発明で用いる誘電体層は、スタブとグランド層の間にある誘電体層が、伝送線路とグランド層の間にある誘電体層よりも高誘電率であれば良く、構成する材料は特に限定されない。

【0029】

例えば有機材料ではエポキシ樹脂、シロキサン樹脂、フェノール樹脂、ベンゾシクロブテン樹脂、アラミド樹脂、ポリイミド、アクリル樹脂などを用いることができる。チタン酸バリウムやチタン酸ストロンチウム等のフィラーを樹脂に充填して使用することもできる。また、無機材料では、アルミナや窒化アルミニウム、五酸化タンタル等を利用することができる。

20

【0030】

本発明の高誘電率層の比誘電率は10 以上、300 以下であることが好ましい。高誘電率層の比誘電率が10 未満では、スタブを十分に短くすることができず、300 より大きいスタブが短くなりすぎて必要な精度でスタブのパターン加工を行うことが難しくなる。

【0031】

本発明の高周波フィルタは、スタブを信号通過帯域または信号阻止帯域の中心周波数に対応した波長の4分の1の長さとし、スタブの伝送線路に接続されていない側の先端をグランド層にショートさせることにより、高周波帯域通過フィルタとして形成することができる。スタブの伝送線路に接続されていない側の先端をグランド層にショートさせない場合は、帯域阻止フィルタとして形成することができる。

30

【0032】

スタブの波長短縮率が伝送線路の波長短縮率よりも小さくなると、伝送線路の特性インピーダンスが小さくなることなく、スタブの長さを短くことができ、小型化可能になるという点で好ましい。

【0033】

本発明によれば、高誘電率を有する誘電体層をスタブとグランド層の間という特定位置に配置することにより、伝送線路の特性インピーダンスが小さくなることなく、50 に設計したままスタブの波長短縮率を小さくすることができる。その結果、スタブの長さを短くすることができるので高周波フィルタの小型化が可能となる。しかも、スタブの特性インピーダンスを小さくすることができるので、急峻なフィルタ特性を得ることができる。

40

【0034】

本発明は、伝送線路上やスタブ上にさらに誘電体層を配置したストリップ線路を用いることもできる。ただし、この場合はより短い構造でスタブを構成できるが、構造が複雑になり、製造コストが高くなるというデメリットもあるため、マイクロストリップ線路を利用することが好ましい。

【0035】

図1(a)は、本発明に係る高周波フィルタの第1の実施態様の上面図であり、図1(b)は図1(a)の断面図(A-B間)である。グランド層7と伝送線路2の間に低誘電

50

率層 8、スタブ 1 とグランド層 7 の間には高誘電率層 3 が形成されている。

【 0 0 3 6 】

図 7 に本発明の第 2 の実施態様の断面図を示す。第 2 の実施態様は、第 1 の実施態様と同様に伝送線路 2 とスタブ 1 が形成されているが、伝送線路 2 の下の誘電体層として低誘電率層 8 上にさらに高誘電率層 3 が形成された構造である。この場合、グランド層 7 と伝送線路 2 の間に比誘電率の異なる 2 種類の誘電体層 3、8 が存在するが、低誘電率層 8 上に高誘電率層 3 を形成してもグランド層と伝送線路間の容量成分の変化は小さく、グランド層と伝送線路間にある誘電体層全体としては、低誘電率層の比誘電率と大きく変わらないため、伝送線路の特性インピーダンスの低下を抑えることができる。

【 0 0 3 7 】

図 8 (a) は、本発明に係る高周波フィルタの第 3 の実施態様の上面図であり、図 8 (b) は図 8 (a) の断面図 (A - B 間) である。図 8 (a) では、誘電体層が第二グランド層上に形成されているが、第二グランド層の位置を説明するために誘電体層を省略している。伝送線路 2 とグランド層 7 の間には、第 2 の実施態様と同様、グランド層 7 上に低誘電率層 8 と高誘電率層 3 の 2 種類の誘電体層が順に積層されている。スタブの方ではさらに高誘電率層 3 と低誘電率層 8 の間に第二のグランド層 1 7 が設けられている。この場合は、第二のグランド層 1 7 が請求項 1 に記載されたグランド層に対応する。第二のグランド層 1 7 を設けることにより、スタブとグランド層との間に高誘電率層のみを形成することができる。第二グランド層 1 7 の幅 W_g は、図 8 (a) のように配線層の上面から見てスタブ 1 の幅 W_s よりも大きく形成されるが、幅 W_g は幅 W_s の 2 倍以上であることが好ましい。2 倍未満では第二グランド層の面積が小さくなりグランド層としての機能を十分に果たすことができない。また、第二グランド層は配線層の上面から見て、伝送線路の下部に位置しないようにスペース (図 8 における符号 g) を設けることが好ましい。スペースの幅 g は、 0.01 mm 以上、 20 mm 以下にすることが好ましい。 0.01 mm 未満では、配線層のパターニング時のアライメント精度から、伝送線路の下部に第二配線層が位置してしまう可能性があり、その場合には信号の損失の原因となる。 20 mm より大きい場合は、スタブの長さを短くすることが難しくなる。

【 0 0 3 8 】

本発明によれば、占有面積の小さい高密度化に適した高周波フィルタを得ることができる。本発明の高周波フィルタの用途は特に限定されないが、携帯電話や無線機器等の RF モジュールなどに使用することができる。

【 0 0 3 9 】

以下、図面を参照して本発明の実施態様を説明する。各種パラメーターの例をあげて説明するが、本発明はこれらによって限定されるものではない。

【実施例】

【 0 0 4 0 】

実施例 1

図 1 に示した高周波フィルタに基づいて説明する。図 9 は図 1 の第 1 の実施態様の構成において、電磁界解析により中心周波数 2.4 GHz で設計した高周波帯域通過フィルタの周波数特性である。伝送線路の線路幅は 0.1 mm 、特性インピーダンス約 $50\ \Omega$ 、誘電体層の厚さは 0.1 mm である。また、低誘電率層の比誘電率は 9、高誘電率層の比誘電率は 120、誘電正接を 0 とした。図 9 はその周波数特性の計算結果であり、スタブの長さは 3.6 mm でほぼ $\lambda/4$ になった。信号通過帯域幅を -3 dB 以上とすると、信号通過帯域幅は 1.1 GHz であった。

【 0 0 4 1 】

また、高誘電率層 3 の誘電正接が無視できない大きさを持っている場合には、共振の 2 番目のピークが減衰し、1 番目のピークのみを通過させることも可能である。

【 0 0 4 2 】

図 10 は図 1 の高誘電率層 3 の誘電正接を 0.05 とした場合の高周波帯域通過フィルタの周波数特性である。一般に、通過帯の最大損失は -3 dB であるから、2 番目以降の

10

20

30

40

50

ピーク 20 を減衰帯域 22 まで低下させることができている。誘電正接を大きくすると高周波での信号の減衰を大きくすることができる。

【 0 0 4 3 】

比較例 1

高誘電率層を低誘電率層に置き換えた以外は実施例 1 と同様にフィルタを設計した (図 6)。図 11 はその周波数特性の計算結果である。スタブの $\lambda/4$ の長さは、約 12.7 mm であり、信号通過帯域幅を - 3 dB 以上とすると、信号通過帯域幅は 3.2 GHz であった。

【 0 0 4 4 】

【表 1】

10

表1

	スタブの長さ L(mm)	帯域幅 (GHz)
実施例1	3.6	1.1
比較例1	12.7	3.2

【 0 0 4 5 】

20

実施例 2

図 7 に示す第 2 の実施態様において、中心周波数を約 2.4 GHz、伝送線路の線路幅は 0.1 mm、特性インピーダンス約 50 Ω 、誘電体層の厚さを 0.1 mm (低誘電率層 0.05 mm) とし、低誘電率層の比誘電率を 5、高誘電率層の比誘電率を 45 とした場合の周波数特性の計算結果を図 12 に示した。スタブの $\lambda/4$ の長さは、おおよそ 5.8 mm であり、信号通過帯域幅を - 3 dB 以上とすると、信号通過帯域幅は 2.6 GHz であった。

【 0 0 4 6 】

実施例 3

図 8 に示す第 3 の実施態様において、第二グラウンド層の幅を 0.2 mm、スタブの幅を 0.1 mm、スペースを 0.1 mm とし、各パラメーターを実施例 2 と同様に設計した場合の周波数特性の計算結果を図 13 に示した。スタブの $\lambda/4$ の長さは、おおよそ 5.8 mm であり、信号通過帯域幅を - 3 dB 以上とすると、信号通過帯域幅は 1.9 GHz であった。

30

【 0 0 4 7 】

比較例 2

第二グラウンド層を用いない以外は実施例 3 と同様にフィルタを設計した。その構成を図 14 に示す。図 15 はその周波数特性の計算結果である。信号通過帯域幅を - 3 dB 以上とすると、信号通過帯域幅は 5 GHz であった。

【 0 0 4 8 】

40

【表 2】

表2

	スタブの長さ L(mm)	帯域幅 (GHz)
実施例2	5.8	2.6
実施例3	5.8	1.9
比較例2	5.8	5

10

【0049】

以上の結果から、本発明による高周波フィルタはより急峻な帯域通過特性が得られている。さらに第2、第3の実施態様では、伝送線路とグランド層の間に低誘電率層と高誘電率層を有し、スタブとグランド層間には高誘電率層のみを有する構造である。これらは、いずれも高誘電率層のパターニングなく形成できるので、プロセスが簡単であるばかりでなく、本発明の第1の実施態様と同様の効果を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0050】

【図1】本発明の第1の実施態様を説明する高周波フィルタの構造

20

【図2】理想的な帯域通過フィルタの特性

【図3】フィルタ回路の等価回路

【図4】従来技術による高周波帯域通過フィルタの例

【図5】従来技術による高周波帯域通過フィルタの例

【図6】従来技術による高周波帯域通過フィルタの例

【図7】本発明の第2の実施態様を示す高周波フィルタの構造

【図8】本発明の第3の実施態様を示す高周波フィルタの構造

【図9】本発明の第1の実施態様による高誘電率層の誘電正接が0の場合の高周波帯域通過フィルタの特性

【図10】本発明の第1の実施態様による高誘電率層の誘電正接が0.05の場合の高周波帯域通過フィルタの特性

30

【図11】従来技術による高周波帯域通過フィルタの特性

【図12】本発明の第2の実施態様による高周波帯域通過フィルタの特性

【図13】本発明の第3の実施態様による高周波帯域通過フィルタの特性

【図14】従来の高周波帯域通過フィルタの構造

【図15】従来の高周波帯域通過フィルタの特性

【符号の説明】

【0051】

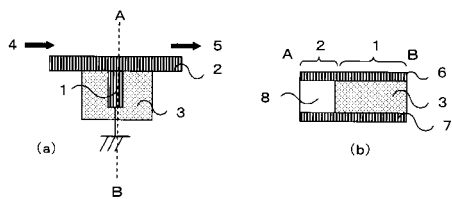
- 1 スタブ
- 2 伝送線路
- 3 高誘電率層
- 4 入力
- 5 出力
- 6 配線層
- 7 グランド層
- 8 低誘電率層
- 9 インダクタ
- 10 キャパシタ
- 11、14 線路長 / 2
- 12、15 ギャップ

40

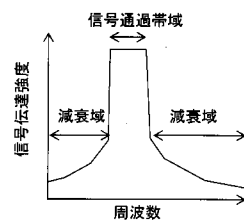
50

- 13、16 線路長 / 4
 17 第二グランド層
 18、19、23、24、25、26 信号通過帯域幅
 20 2番目のピーク
 21 - 3 d B
 22 減衰帯域

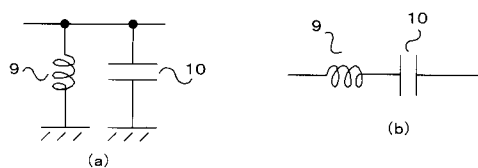
【図1】



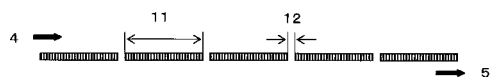
【図2】



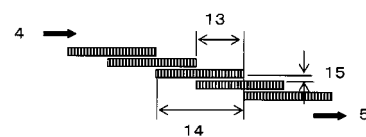
【図3】



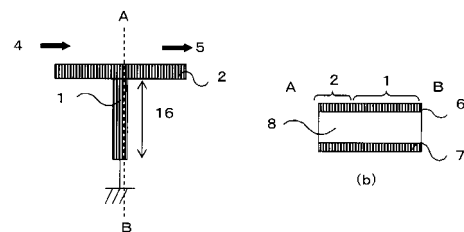
【図4】



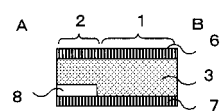
【図5】



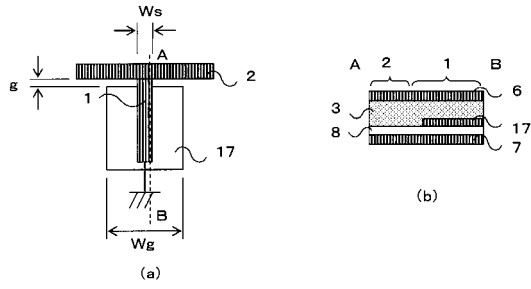
【図6】



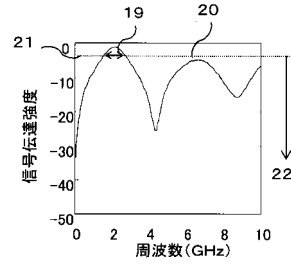
【図7】



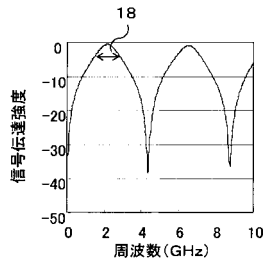
【図 8】



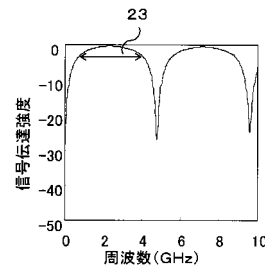
【図 10】



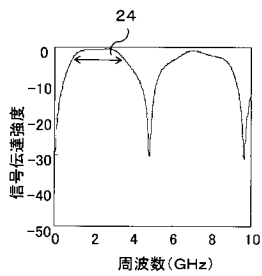
【図 9】



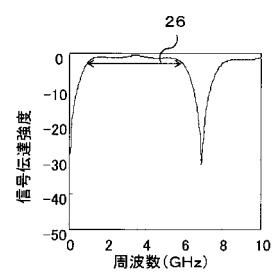
【図 11】



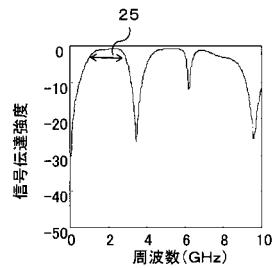
【図 12】



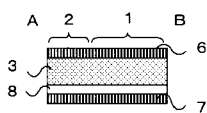
【図 15】



【図 13】



【図 14】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2004-032768(JP,A)
特開平03-182102(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01P 1/203