

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-209878

(P2012-209878A)

(43) 公開日 平成24年10月25日(2012.10.25)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)	
H03D	7/14	(2006.01)	H03D	7/14	B
H01P	5/22	(2006.01)	H01P	5/22	A

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2011-75760 (P2011-75760)	(71) 出願人	000005290
(22) 出願日	平成23年3月30日 (2011. 3. 30)		古河電気工業株式会社
			東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
		(71) 出願人	391045897
			古河A S 株式会社
			滋賀県犬上郡甲良町尼子1000番地
		(74) 代理人	100143959
			弁理士 住吉 秀一
		(74) 代理人	100167852
			弁理士 宮城 康史
		(74) 代理人	100123641
			弁理士 茜ヶ久保 公二
		(72) 発明者	小田 英希
			東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 古河電気工業株式会社内

最終頁に続く

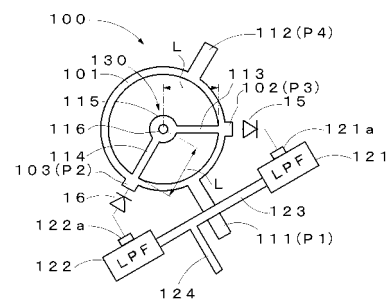
(54) 【発明の名称】 バランス型ミキサ、直交変復調装置、および、レーダ装置

(57) 【要約】

【課題】回路サイズを小さくするとともに、パルス信号の良好な通過特性を有するバランス型ミキサを提供すること。

【解決手段】ハイブリッド回路および2つのダイオードを有するバランス型ミキサにおいて、ハイブリッド回路は、高周波信号が入力される高周波信号入力端子111と、局部発振信号が入力される局部発振信号入力端子112と、2つのダイオード15、16の一方のダイオードのアノードと他方のダイオードのカソードがそれぞれ接続される2つのダイオード接続端子102、103と、を備える環状線路101を有し、当該環状線路の中空部にDCリターン回路130が形成され、当該DCリターン回路は、ダイオード接続端子102、103の近傍にそれぞれの一端が接続され、他端が接地されている2つの線路113、114を有する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ハイブリッド回路および 2 つのダイオードを有するバランス型ミキサにおいて、

前記ハイブリッド回路は、高周波信号が入力される高周波信号入力端子と、局部発振信号が入力される局部発振信号入力端子と、前記 2 つのダイオードの一方のダイオードのアノードと他方のダイオードのカソードがそれぞれ接続される 2 つのダイオード接続端子と、を備える環状線路を有し、当該環状線路の中空部に DC リターン回路が形成され、当該 DC リターン回路は、前記ダイオード接続端子の近傍にそれぞれの一端が接続され、他端が接地されている 2 つの線路を有する、

ことを特徴とするバランス型ミキサ。

10

【請求項 2】

前記 DC リターン回路は、前記ダイオード接続端子の近傍にそれぞれの一端が接続され、他端が一点で接地されている 2 つの線路を有する、

ことを特徴とする請求項 1 に記載のバランス型ミキサ。

【請求項 3】

前記 DC リターン回路の前記線路のそれぞれは前記局部発振信号および前記高周波信号の $1/4$ 波長の長さを有していることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のバランス型ミキサ。

【請求項 4】

前記請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の前記バランス型ミキサを 2 つ有し、前記高周波信号および前記局部発振信号が分配器によって分配されて各バランス型ミキサの前記高周波信号入力端子と、前記局部発振信号入力端子にそれぞれ入力されることを特徴とする直交変復調装置。

20

【請求項 5】

前記請求項 4 に記載の直交変復調装置を含むことを特徴とするレーダ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、バランス型ミキサ、直交変復調装置、および、レーダ装置に関するものである。

30

【背景技術】

【0002】

従来、マイクロ波帯以上で使用するバランス型ミキサとしては、例えば、特許文献 1 の図 8 等に示すものが知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開平 8-148939 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0004】

ところで、特許文献 1 に開示された技術では、IF (DC) リターン回路 108 が局発信号端子 102 に設けられている。このように、局発信号端子 102 の周辺に DC リターン回路 108 を設ける場合、DC リターン回路 108 の配置スペースを確保することが必要となり、回路のサイズが大きくなるという問題点がある。また、特許文献 1 に開示された技術では、パルス信号を入力したときに、信号の立ち上がり立ち下がり波形が鈍るという問題点もある。

【0005】

そこで、本発明は回路サイズを小さくするとともに、パルス信号の良好な通過特性を有するバランス型ミキサ、直交変復調装置、および、レーダ装置を提供することを目的とし

50

ている。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するために、本発明は、ハイブリッド回路および2つのダイオードを有するバランス型ミキサにおいて、前記ハイブリッド回路は、高周波信号が入力される高周波信号入力端子と、局部発振信号が入力される局部発振信号入力端子と、前記2つのダイオードの一方のダイオードのアノードと他方のダイオードのカソードがそれぞれ接続される2つのダイオード接続端子と、を備える環状線路を有し、当該環状線路の中空部にDCリターン回路が形成され、当該DCリターン回路は、前記ダイオード接続端子の近傍にそれぞれの一端が接続され、他端が接地されている2つの線路を有する、ことを特徴とする。

10

このような構成によれば、回路サイズを小さくするとともに、パルス信号の良好な通過特性を有するバランス型ミキサを提供することができる。

【0007】

また、他の発明は、上記発明に加えて、前記DCリターン回路は、前記ダイオード接続端子の近傍にそれぞれの一端が接続され、他端が一点で接地されている2つの線路を有する、ことを特徴とする。

このような構成によれば、回路サイズを小さくするとともに、2つの線路の接地電圧にずれが生じることを防止できる。

【0008】

20

また、他の発明は、上記発明に加えて、前記DCリターン回路の前記線路のそれぞれは前記局部発振信号および前記高周波信号の $1/4$ 波長の長さを有していることを特徴とする。

このような構成によれば、アイソレーション特性を改善することができる。

【0009】

また、本発明は、前記バランス型ミキサを2つ有し、前記高周波信号および前記局部発振信号が分配器によって分配されて各バランス型ミキサの前記高周波信号入力端子と、前記局部発振信号入力端子にそれぞれ入力されることを特徴とする。

このような構成によれば、回路サイズを小さくするとともに、変換損失等の特性が良好な直交変復調装置を提供することができる。

30

【0010】

また、本発明は、前記直交変復調装置を含むことを特徴とするレーダ装置である。

このような構成によれば、回路サイズを小さくするとともに、パルス信号の良好な通過特性を有するレーダ装置を提供することができる。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、本発明は回路サイズを小さくするとともに、パルス信号の良好な通過特性を有するバランス型ミキサ、直交変復調装置、および、レーダ装置を提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

40

【0012】

【図1】本発明の実施形態に係るバランス型ミキサの構成例を示す図である。

【図2】図1に示すバランス型ミキサの等価回路を示すブロック図である。

【図3】従来のバランス型ミキサの構成を示す図である。

【図4】図1と図3のバランス型ミキサの変換損失の周波数特性を示す図である。

【図5】P1、P4のアイソレーション特性である。

【図6】P2、P3のアイソレーション特性である。

【図7】DCリターン回路をダイオードに近づけた場合と、離れた場合における中間周波信号の時間軸における立ち上がりを示す図である。

【図8】DCリターン回路をダイオードに近づけた場合と、離れた場合における中間周波

50

信号立ち上がりを示す図である。

【図 9】図 1 に示すバランス型ミキサを用いた直交変復調装置の構成例である。

【図 10】図 3 に示すバランス型ミキサを用いた直交変復調装置の構成例である。

【図 11】図 9 に示す回路の特性を示す図である。

【図 12】図 10 に示す回路の特性を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

次に、本発明の実施形態について説明する。

【0014】

(A) 実施形態の構成の説明

図 1 は、本発明の実施形態に係るバランス型ミキサの構成例を示す図である。図 1 に示すバランス型ミキサ 100 は、例えば、誘電体基板上に形成され、環状線路 101、ダイオード 15、16、LPF (Low Pass Filter) 121、122、および、DC リターン回路 130 を主要な構成要素としている。

【0015】

ここで、環状線路 101 は、ハイブリッド回路を構成し、高周波信号の誘電体基板上における波長を λ とした場合に、 $3/2\lambda$ の周長を有するリング形状の線路（例えば、銅箔等）によって構成される。環状線路 101 の任意の位置には、局部発振信号が入力される局部発振信号入力端子 112 が設けられている。また、局部発振信号入力端子 112 から任意の方向に $\lambda/2$ だけ周方向に移動した位置には、高周波信号が入力される高周波信号入力端子 111 が設けられている。局部発振信号入力端子 112 と高周波信号入力端子 111 の中間位置であって、局部発振信号入力端子 112 と高周波信号入力端子 111 からそれぞれ $\lambda/4$ だけ周方向に移動した位置には、ダイオード 15 が接続されるダイオード接続端子 102 が設けられている。環状線路 101 の中心を挟んで局部発振信号入力端子 112 と対向する位置であって、高周波信号入力端子 111 から $\lambda/4$ だけ周方向に移動した位置には、ダイオード 16 が接続されるダイオード接続端子 103 が設けられている。なお、ダイオード 15、16 は逆極性になるように接続される。

【0016】

なお、局部発振信号入力端子 112 に入力された局部発振信号は、位相が 90 度遅れてダイオード接続端子 102 に出力され、270 度遅れてダイオード接続端子 103 に出力される。なお、局部発振信号入力端子 112 に入力された信号は、ダイオード接続端子 102 側を経由する信号と、ダイオード接続端子 103 側を経由する信号の位相が 180 度ずれていることからこれらが相互に相殺することにより、高周波信号入力端子 111 には出力されない。一方、高周波信号入力端子 111 に入力された高周波信号は、位相が 90 度遅れてダイオード接続端子 102 に出力され、同じく 90 度遅れてダイオード接続端子 103 に出力される。なお、高周波信号入力端子 111 に入力された信号は、ダイオード接続端子 102 側を経由する信号と、ダイオード接続端子 103 側を経由する信号の位相が 180 度ずれていることからこれらが相互に相殺することにより、局部発振信号入力端子 112 には出力されない。

【0017】

環状線路 101 の中空部分（線路が存在しない部分）には、DC リターン回路 130 が設けられている。ここで、DC リターン回路 130 は、線路 113、114、接続部 115、および、ビアホール (Via Hole) 116 を有している。ここで、線路 113 は環状線路 101 のダイオード接続端子 102 の近傍に一端が接続され、他端が接続部 115 に接続されている。線路 114 は環状線路 101 のダイオード接続端子 103 の近傍に一端が接続され、他端が接続部 115 に接続されている。接続部 115 は、線路 113 および線路 114 の他端同士を接続し、これらをビアホール 116 を介してグランドに接続する。ビアホール 116 は、グランドパターンが形成されているプリント基板の層と、接続部 115 とを電氣的に接続する。なお、線路 113、114 は、同じ長さ L を有し、この長さ L は、後述するように略 $\lambda/4$ の長さに設定されている。

【0018】

ダイオード15, 16は、一端を逆接続でダイオード接続端子102, 103に接続され、前記ダイオード15, 16の他端をLPF121および122に接続されている。LPF121およびLPF122の出力端子同士は線路123によって接続されている。線路123には中間周波信号出力端子124が接続されている。

【0019】

(B) 実施形態の概略動作の説明

図2は、図1に示す回路を等価的なブロック図として示した図である。この図において、高周波信号入力端子111に入力された高周波信号は、ハイブリッド回路101において位相が90度遅れて端子A（ダイオード接続端子102に対応）と、端子B（ダイオード接続端子103に対応）からそれぞれ出力される。局部発振信号入力端子112に入力された局部発振信号は、ハイブリッド回路101において位相が90度遅れて端子Aから出力され、270度遅れて端子Bから出力される。

【0020】

ハイブリッド回路101から出力された局部発振（Lo）信号および高周波（RF）信号は、DCリターン回路130を構成する線路113および線路114に印加される。線路113および線路114の接続点はグラウンドに接地されているので、ハイブリッド回路101から出力された信号は、グラウンドを中心とする平衡信号となる。ダイオード15, 16は、DCリターン回路130に印加される局部発振信号および高周波信号の周波数差成分を生成し、これを中間周波（IF）信号として出力する。

【0021】

LPF121, 122は、ダイオード15, 16から出力される信号の中から、中間周波信号を通過させ、他の信号を減衰させる。

【0022】

以上の動作により、本実施形態のバランス型ミキサ100では、局部発振信号および高周波信号の周波数差成分を生成し、中間周波信号として出力する。

【0023】

(C) 実施形態の詳細な動作の説明

つぎに、本実施形態の詳細な動作について、図を参照して説明する。図3は、本実施形態の比較対象となる構成を示す図である。この図3に示すバランス型ミキサ100Aでは、図1の場合と比較すると、DCリターン回路130が環状線路101の中空部から高周波信号入力端子111に移動され、LPFが付加されてDCリターン回路130Aとされている。それ以外の構成は、図1の場合と同様である。

【0024】

図4は、高周波信号を周波数スイープ（掃引）した場合における変換損失を示している。なお、変換損失とは、高周波信号入力端子111への入力信号電力と、中間周波信号出力端子124からの出力信号電力の比をいう。ここで、図4（A）は、図1に示す実施形態のシミュレーション結果を示し、図4（B）は、図3に示す比較回路のシミュレーション結果を示す。これらの図の比較から、図4（A）に示す本実施形態のシミュレーション結果においては、図4（B）の場合に比較して、周波数特性が平坦であることが分かる。すなわち、本実施形態の方が、比較回路に比較して変換特性が広帯域であることが分かる。

【0025】

本実施形態では、DCリターン回路130を構成する線路113, 114の長さLを $\lambda/4$ の長さとなるように設定している。この点について、図5, 6を参照して説明する。図5は、高周波信号入力端子111をポート1（P1）とし、ダイオード接続端子103をポート2（P2）とし、ダイオード接続端子102をポート3（P3）とし、局部発振信号入力端子112をポート4（P4）とした場合に、P1, P4のアイソレーション特性と反射特性のシミュレーション結果であり、図6はP2, P3のアイソレーション特性と反射特性のシミュレーション結果である。より詳細に説明する。図5は、図1に示す線

路 1 1 3, 1 1 4 の双方の長さ L を変化させた場合における $P 1$, $P 4$ のアイソレーション特性と反射特性であり、実線は $P 1$ 入力、 $P 1$ 出力の場合の反射特性を示し、破線は $P 4$ 入力、 $P 4$ 出力の場合の反射特性を示し、一点鎖線は $P 4$ 入力、 $P 1$ 出力の場合のアイソレーション特性を示している。また、図 5 (A) は線路 1 1 3, 1 1 4 の双方の長さ L が $1/4$ 波長の長さの 87.6% の場合 ($L = \lambda/4 \times 0.876$ の場合) の特性を示し、図 5 (B) は L が 92.7% の場合の特性を示し、図 5 (C) は L が 100% の場合の特性を示し、図 5 (D) は L が 108% の場合の特性を示している。なお、本実施形態では、周波数は準ミリ波またはミリ波帯域であり、波長短縮率が 0.63 である。なお、前述した例では、説明を簡略化するために、線路 1 1 3, 1 1 4 自体の流さを L として説明したが、より正確には、この L には接続部 1 1 5 の形状およびビアホール 1 1 6 の長さも含める必要がある。図 5 (A) ~ (D) の比較から、略 $\lambda/4$ に相当する図 5 (C) の場合に、実線、破線、および、一点鎖線が使用周波数において略極小値となっている。つまり、 $L = \lambda/4$ に設定することで、 $P 1$, $P 4$ のアイソレーションが使用周波数において十分に確保されるとともに、反射特性を低く保つことができる。

【0026】

図 6 は、図 1 に示す線路 1 1 3, 1 1 4 の双方の長さ L を変化させた場合における $P 2$, $P 3$ のアイソレーション特性と反射特性であり、実線は $P 2$ 入力、 $P 2$ 出力の場合の反射特性を示し、破線は $P 3$ 入力、 $P 3$ 出力の場合の反射特性を示し、一点鎖線は $P 2$ 入力、 $P 3$ 出力の場合のアイソレーション特性を示している。また、図 6 (A) は線路 1 1 3, 1 1 4 の双方の長さ L が $1/4$ 波長の長さの 87.6% の場合の特性を示し、図 6 (B) は L が 92.7% の場合の特性を示し、図 6 (C) は L が 100% の場合の特性を示し、図 6 (D) は L が 108% の場合の特性を示している。なお、図 6 (C) の場合が略 $\lambda/4$ の長さに相当することは前述の場合と同様である。図 6 (A) ~ (D) の比較から、略 $\lambda/4$ に相当する図 6 (C) の場合に、実線、破線、および、一点鎖線が使用周波数において略極小値となっている。つまり、 $L = \lambda/4$ に設定することで、 $P 2$, $P 3$ のアイソレーションが使用周波数において十分に確保されるとともに、反射特性を低く保つことができる。

【0027】

以上から、DC リターン回路 1 30 の線路 1 1 3, 1 1 4 の双方の長さ (正確には接続部 1 1 5 の形状およびビアホール 1 1 6 の形状も考慮した長さ) $L = \lambda/4$ に設定することで、アイソレーションを使用周波数において高く保つとともに、リターンロスを低く保つことができる。

【0028】

本実施形態では、DC リターン回路 1 30 を構成する線路 1 1 3, 1 1 4 をダイオード 1 5, 1 6 の近傍に配置している。この点について、図 7, 8 を参照して説明する。図 7 は、パルス幅 1 ns でパルス変調された高周波信号を入力した場合において、DC リターン回路を配置する位置をダイオードに近づけた場合と、離れた場合における中間周波信号の時間軸における立ち上がりを示す図である。図 7 (A) は DC リターン回路をダイオードに近づけて配置した場合の中間周波信号の時間軸における立ち上りを示し、図 7 (B) は DC リターン回路をダイオードから遠ざけて配置した場合の中間周波信号立ち上りを示す。なお、具体的な測定方法としては、図 7 (A) は、後述する図 9 に示す回路において、DC リターン回路をハイブリッド回路の近傍 (高周波信号入力端子) に配置した場合の特性を示し、図 7 (B) は、同じく図 9 に示す回路において、DC リターン回路を 90 度ハイブリッド回路 2 0 0 に配置した場合の特性を示している。なお、図の上部に記載されている太線は、波形の包絡線を示している。これらの図の比較から、DC リターン回路をダイオードに近づけて配置した方が、パルス波形の立ち上がりおよび立ち下がりが急峻となり、また、パルスの頂上付近の波形が平坦になっている。

【0029】

図 8 は DC リターン回路とダイオードとの距離を変化させた場合において、1 ns のパルスが DC リターン回路を通過させた際の波形の変化を示している。図 8 (A) は、ダイ

10

20

30

40

50

オードとDCリターン回路の距離が5.2mmの場合において1nsのパルスを通させた場合の測定結果であり、図8(B)は、ダイオードとDCリターン回路の距離が18mmの場合において1nsのパルスを通させた場合の測定結果である。DCリターン回路によってグラウンド電位が保たれている場合には、測定電圧は常に0Vとなるが、測定結果ではパルスの立ち上がり立ち下がりにおいて、インダクタンス成分の作用によって、グラウンド電位が保てずに波形が鈍っている。図8(A),(B)を比較すると、線路が長い図8(B)の方が波形がより広がっている。つまり、線路が長い方が影響を大きく受けている。

【0030】

以上の図7, 8の結果から、DCリターン回路は、本実施形態のように、ダイオードの近傍に設けるとともに、ダイオードに対して個別に設けることが望ましいことが分かる。

10

【0031】

以上に説明したように、本実施形態では、バランス型ミキサ100の環状線路101の中空部分にDCリターン回路130を設けるようにしたので、回路のスペースを縮小することが可能になる。

【0032】

また、本実施形態では、DCリターン回路130を構成する線路113, 114をダイオード15, 16に接続したので、パルス波形に対する応答特性を向上させることができる。

【0033】

また、本実施形態では、DCリターン回路130を構成する線路113, 114の長さを $\lambda/4$ としたので、アイソレーション特性を高めるとともに、特性を広帯域化することができる。

20

【0034】

(D) 変形実施形態の説明

以上の実施形態は一例であって、本発明が上述したような場合のみに限定されるものではないことはいふまでもない。例えば、以上の実施形態では、バランス型ミキサ100を単体として使用する場合を例に挙げて説明したが、例えば、図9に示すように、2つの単位ミキサ100-1, 100-2を組み合わせて直交変復調装置を構成することも可能である。すなわち、図9の例では、図1に示す2つの単位ミキサ100-1, 100-2が配置され、各局部発振信号入力端子112が90度ハイブリッド回路200の出力端に接続され、各高周波信号入力端子111が電力分配回路201の出力端に接続されている。また、単位ミキサ100-1がI信号形成部として動作し、その中間周波信号出力端子124がI信号出力端子となる。一方、単位ミキサ100-2がQ信号形成部として動作し、その中間周波信号出力端子124がQ信号出力端子となる。一方、図10は、図3に示す単位ミキサ100Aを用いて、図9と同様の直交変復調装置を構成した場合を示す図である。図11は図9の実施形態のシミュレーション結果を示す図であり、図12は図10の回路のシミュレーション結果を示す図である。図11(A)および図12(A)は、高周波信号を周波数スイープ(掃引)した場合の変換損失を示す図であり、実線がI信号の損失を示し、破線がQ信号の損失を示している。これらの比較から、図10に示す実施形態の方が周波数特性が平坦であることが分かる。図11(B)および図12(B)は、高周波信号を周波数スイープした場合のIQ信号の振幅バランスを示す図である。これらの比較から、図10に示す実施形態の方が振幅バランスが平坦であることが分かる。図11(C)および図12(C)は、高周波信号を周波数スイープした場合のIQ信号の位相バランスを示す図である。これらの比較から、図10に示す実施形態の方が位相バランスが平坦であることが分かる。このように、本実施形態の単位ミキサ100を用いれば、変換損失、振幅バランス、および、位相バランス性能が広帯域にわたり良好な直交変復調装置を得ることができる。

30

40

【0035】

また、以上の各実施形態に示すダイオードの接続状態は、一例であって、このような場

50

合のみに本願が限定されるものではない。例えば、ダイオード 15, 16 のそれぞれの接続方向を図に示す場合とは逆方向としてもよい。また、ダイオード 15, 16 のそれぞれに対して 1 つずつ新たなダイオードを逆接続するようにしてアンチパラレルダイオード（逆向きの 2 つのダイオード）としてもよい。

【0036】

また、以上の各実施形態では、端子 111 を高周波信号入力端子とし、端子 112 を局部発振信号入力端子としたが、端子 111 を局部発振信号入力端子とし、端子 112 を高周波信号入力端子としてもよい。

【0037】

また、本実施形態をレーダシステムに適用することも可能である。具体的には、局部発振信号を、図 1 に示す局部発振信号入力端子 112 に入力し、また、受信信号を高周波信号として高周波信号入力端子 111 に入力する。その結果として、中間周波信号出力端子 124 からは送受信の周波数差成分である中間周波信号が出力されるので、これを後段の IF 処理回路に出力するようにすればよい。このような構成によれば、対象を精度良く検出することができる。

【0038】

また、以上の実施形態では、線路 113, 114 は直線形状としたが、直線形状以外の形状（例えば、曲線部分を含む形状等）であってもよい。また、接続部 115 は円形形状としたが、これ以外の形状（例えば、矩形形状等）であってもよい。また、環状線路 101 についても円形形状以外の形状（例えば、六角形状）であってもよい。また、以上の実施形態では、LPF 121, 122 を 2 つ設けるようにしたが、これらを 1 つの構成としてもよい。

【符号の説明】

【0039】

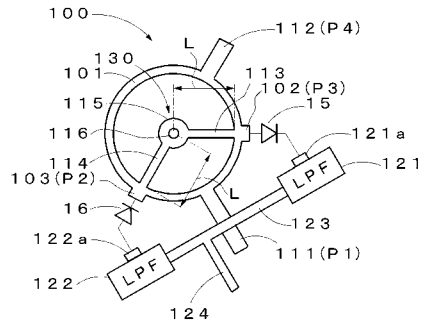
- 100 バランス型ミキサ
- 101 環状線路
- 102, 103 ダイオード接続端子
- 111 高周波信号入力端子
- 112 局部発振信号入力端子
- 113, 114 線路
- 115 接続部
- 116 ビアホール
- 121, 122 LPF
- 121a, 122a 入力端子
- 123 線路
- 124 中間周波信号出力端子
- 200 90度ハイブリッド回路
- 201 電力分配回路

10

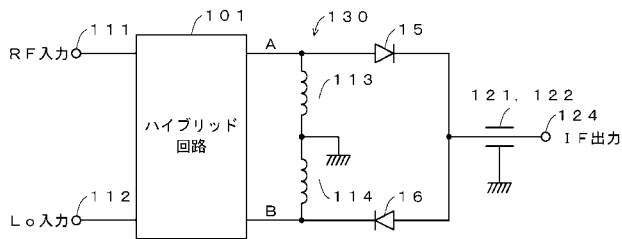
20

30

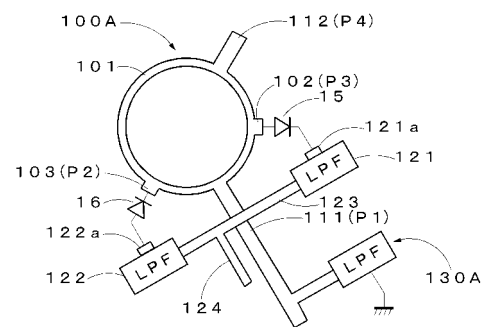
【図 1】



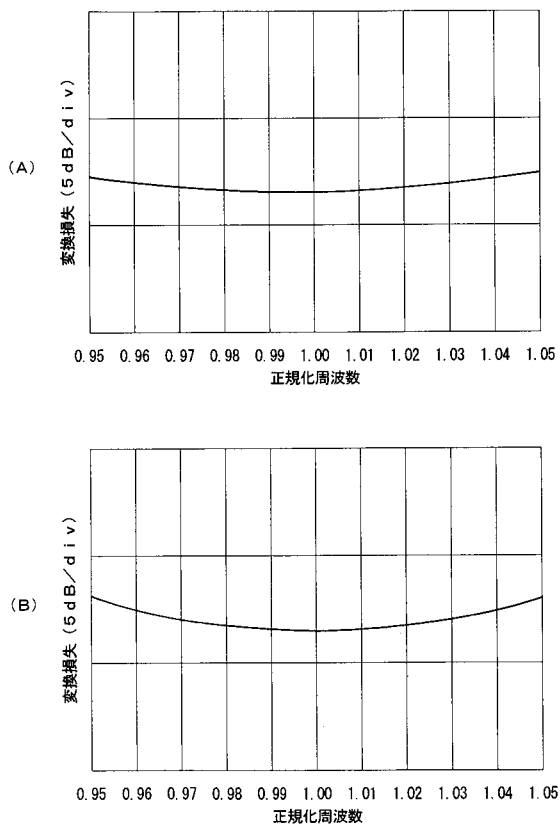
【図 2】



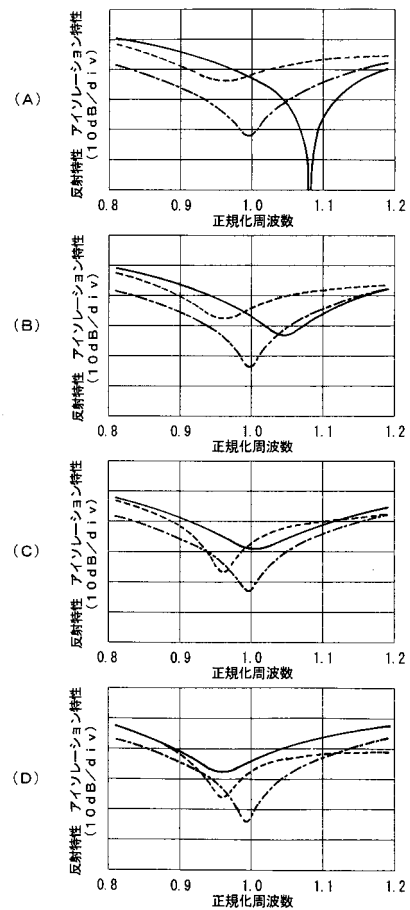
【図 3】



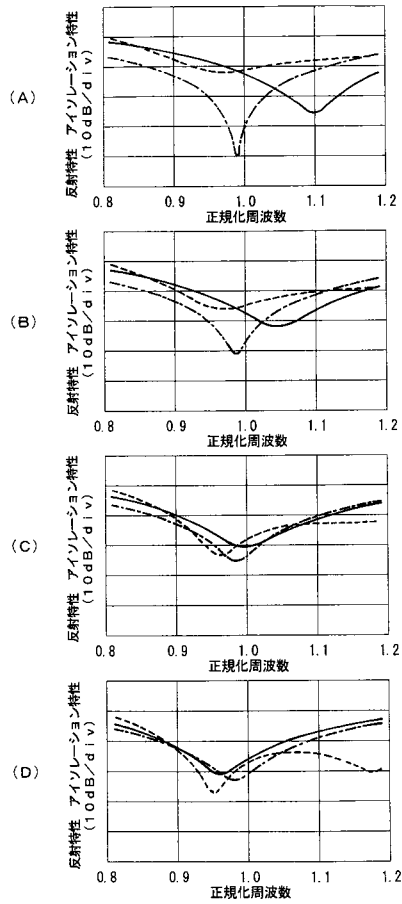
【図 4】



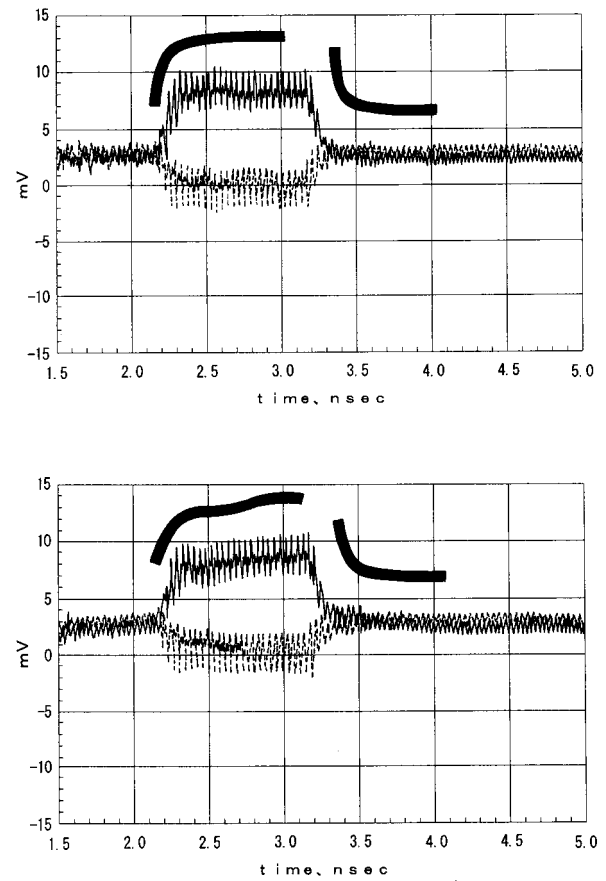
【図 5】



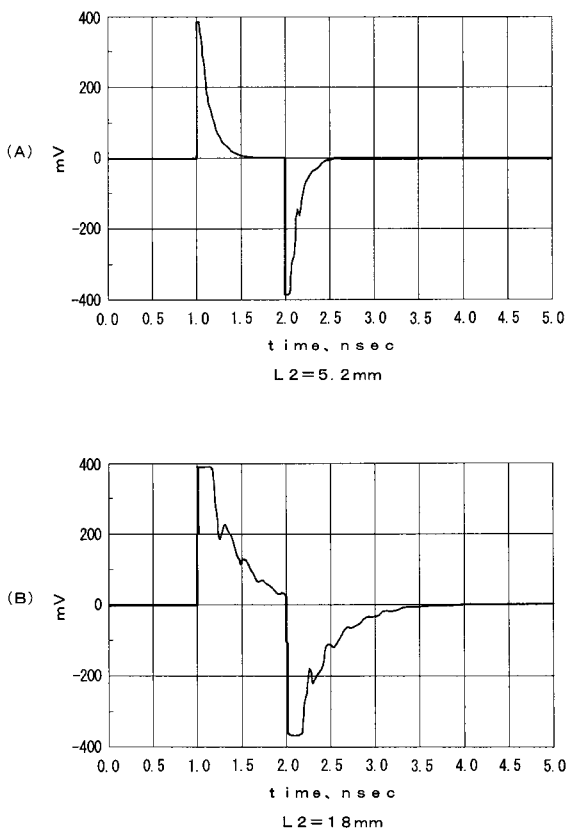
【図 6】



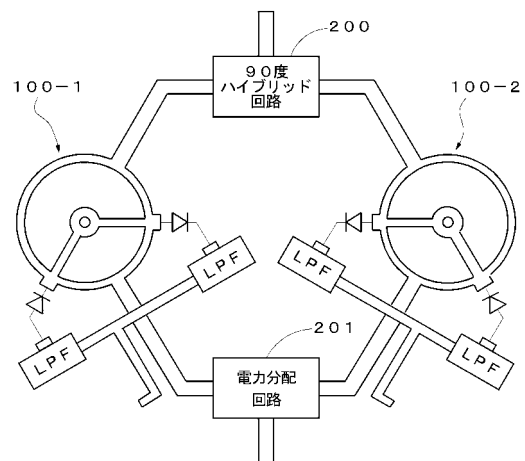
【図 7】



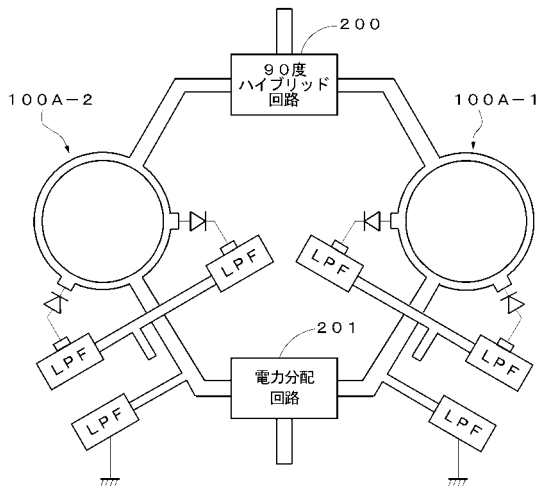
【図 8】



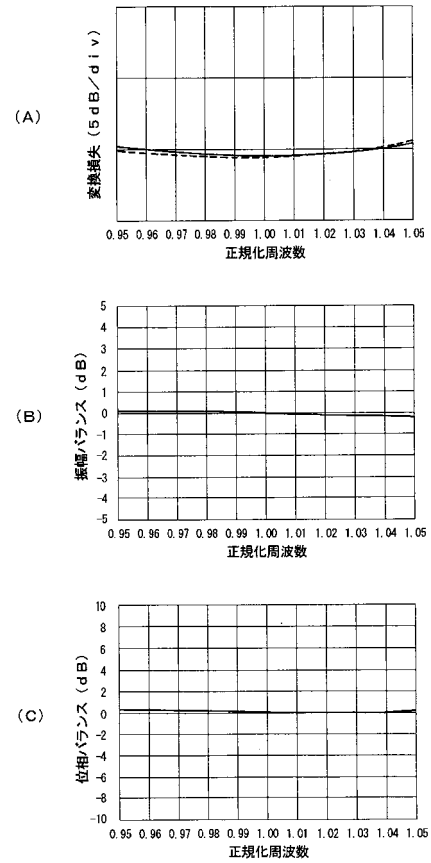
【図 9】



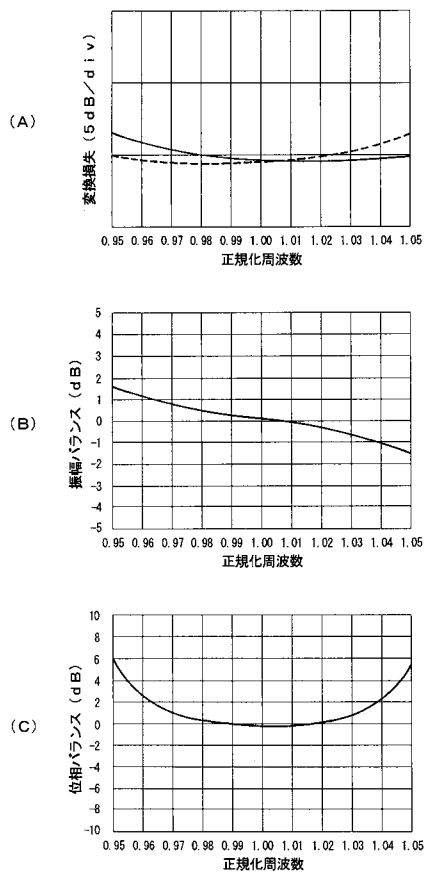
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

- (72)発明者 松嶋 禎央
東京都千代田区丸の内二丁目２番３号 古河電気工業株式会社内
- (72)発明者 福地 稔栄
東京都千代田区丸の内二丁目２番３号 古河電気工業株式会社内