

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第5116714号
(P5116714)

(45) 発行日 平成25年1月9日(2013.1.9)

(24) 登録日 平成24年10月26日(2012.10.26)

(51) Int.Cl.
H03D 7/02 (2006.01)

F I
H03D 7/02 Z

請求項の数 2 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2009-67665 (P2009-67665)	(73) 特許権者	000191238
(22) 出願日	平成21年3月19日 (2009.3.19)		新日本無線株式会社
(65) 公開番号	特開2010-220171 (P2010-220171A)		東京都中央区日本橋横山町3番10号
(43) 公開日	平成22年9月30日 (2010.9.30)	(74) 代理人	100098372
審査請求日	平成24年1月6日 (2012.1.6)		弁理士 緒方 保人
		(72) 発明者	塚田 泰弘
			埼玉県ふじみ野市福岡二丁目1番1号 新
			日本無線株式会社 川越製作所内
		審査官	畑中 博幸
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高周波ミキサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

受信信号入力端、局発信号入力端、第1ダイオードの陰極及び第2ダイオードの陽極がそれぞれ異なるポートに接続されたラットレース回路を有し、上記受信信号入力端が接続されたポートと上記第1ダイオードが接続されたポートとの間に、中間周波数信号出力端が接続される高周波ミキサにおいて、

上記第1ダイオード及び第2ダイオードへバイアス電圧を与える外部正電源と、この外部正電源と上記第1ダイオードの陽極との間に接続された第1抵抗と、上記第1ダイオードの陽極と接地との間に接続された第2抵抗と、上記第2ダイオードの陰極と接地との間に接続され、上記第1抵抗と上記第2抵抗を並列接続した場合と同一の並列抵抗又は上記第1抵抗と上記第2抵抗を並列接続した抵抗成分と等しい第3抵抗と、を設けたことを特徴とする高周波ミキサ。

【請求項2】

受信信号入力端、局発信号入力端、第1ダイオードの陰極及び第2ダイオードの陽極がそれぞれ異なるポートに接続されたラットレース回路を有し、上記受信信号入力端が接続されたポートと上記第1ダイオードが接続されたポートとの間に、中間周波数信号出力端が接続される高周波ミキサにおいて、

上記第1ダイオード及び第2ダイオードへバイアス電圧を与える外部正電源と、この外部正電源と上記第1ダイオードの陽極との間に接続された第1抵抗と、上記第1ダイオードの陽極と接地との間に接続された第1温度可変抵抗と、

10

20

上記第 2 ダイオードの陰極と接地との間に接続され、上記第 1 抵抗の値と等しい第 4 抵抗と、

この上記第 4 抵抗と並列に接続され、上記第 1 温度可変抵抗の値と等しい第 4 温度可変抵抗と、を設けたことを特徴とする高周波ミキサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は高周波ミキサ、特に高周波帯にて使用されるセンサやレーダ等の受信器に使用されるもので、安定した動作を確保するための回路構成に関する。

【背景技術】

10

【0002】

一般に、マイクロ波帯又はミリ波帯で用いられるセンサやレーダシステム等では、その受信回路に、高周波ミキサが使用されており、この高周波ミキサにおいては、送信信号の一部を局発信号（LO 信号）とし、受信信号（RF 信号）とのミキシングにより、その周波数差成分である中間周波数信号（IF 信号）が形成される。この高周波ミキサとして、例えばラットレース線路を用いた図 8 のシングルバランスドミキサが使用され、図 9 に示される回路が構成される。

【0003】

図 8 及び図 9 において、シングルバランスドミキサは、ショットキーバリアダイオード（SBD）からなる第 1 ダイオード（Dx1）5 及び第 2 ダイオード（Dx2）6 が、1.5 λ 線からなるラットレース線路 7 の第 4 ポート d と第 2 ポート b に接続されると共に、第 1 ポート a に LO 端 8、第 3 ポート c に RF 端 9 が接続され、上記第 1 ダイオード 5 と第 2 ダイオード 6 の出力側に IF 出力端 10 が接続される。

20

【0004】

このような高周波ミキサの構成によれば、LO 端 8 から入力される局発信号を、 $L = 2 \cos(\omega_L t + \theta_L)$ 、RF 端 9 から入力される受信信号を、 $R = 2 \cos(\omega_R t + \theta_R)$ とすると、図 8 にも示されるように、第 1 ダイオード 5 と第 2 ダイオード 6 の入力端での信号（Dx1-in, Dx2-in）は、

$$\begin{aligned} \text{Dx1-in} : L &= \cos(\omega_L t + (\theta_L + (\pi/2))) , \\ R &= \cos(\omega_R t + (\theta_R - (\pi/2))) \quad \dots \quad (1) \end{aligned}$$

30

$$\begin{aligned} \text{Dx2-in} : L &= \cos(\omega_L t + (\theta_L - (\pi/2))) , \\ R &= \cos(\omega_R t + (\theta_R - (\pi/2))) \quad \dots \quad (2) \end{aligned}$$

となり、

また、この第 1 ダイオード 5 と第 2 ダイオード 6 の出力（Dx1-out, Dx2-out）及び IF 出力端 10 からの出力（IFout）は、

$$\text{Dx1-out} : -\cos((\omega_L - \omega_R)t + (\theta_L - \theta_R + \pi)) \quad \dots \quad (3)$$

$$\text{Dx2-out} : +\cos((\omega_L - \omega_R)t + (\theta_L - \theta_R)) \quad \dots \quad (4)$$

$$\text{IFout} : \text{Dx1-out} + \text{Dx2-out}$$

$$= -\cos((\omega_L - \omega_R)t + (\theta_L - \theta_R + \pi)) + \cos((\omega_L - \omega_R)t + (\theta_L - \theta_R))$$

40

$$= \cos((\omega_L - \omega_R)t + (\theta_L - \theta_R)) + \cos((\omega_L - \omega_R)t + (\theta_L - \theta_R))$$

$$= 2 \times \cos((\omega_L - \omega_R)t + (\theta_L - \theta_R)) \quad \dots \quad (5)$$

となる。

【0005】

そして、この高周波ミキサでは、上記第 1 ダイオード（Dx1）5 及び第 2 ダイオード（Dx2）6 の周辺回路に容量成分（コンデンサ）がないため、IF 信号が DC（直流）から動作し、また局発（LO）信号電力により十分に第 1 ダイオード 5 及び第 2 ダイオード 6 がバイアスされた際には、高周波ミキサとして良好な変換損失特性（RF 端からの受信信号電力と中間周波数信号電力との比）が得られる。

【先行技術文献】

50

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特公昭54-029218号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、図8及び図9の従来の高周波ミキサでは、SBDからなる第1ダイオード5及び第2ダイオード6を非線形領域にバイアスするための局発信号電力が不足（低下）すると、高周波ミキサの変換損失が急激に悪化し、変換効率が低下するという不都合があり、この変換損失では局発信号電力に対する依存性が高い。

10

【0008】

図10には、従来の高周波ミキサにおける局発信号電力に対する変換損失の変化が示されており、図の特性501に示されるように、 -2 dBm 以下で局発信号電力が不足している範囲では、変換損失の値が低下していることが分かる。

【0009】

本発明は上記問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、局発信号電力が不足したときでも、変換効率が低下し難い安定した動作を行い、また周囲温度が変動した場合でも、安定した動作を確保することができる高周波ミキサを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

20

上記目的を達成するために、請求項1に係る発明は、受信信号入力端、局発信号入力端、第1ダイオードの陰極及び第2ダイオードの陽極がそれぞれ異なるポートに接続されたラットレース回路を有し、上記受信信号入力端が接続されたポートと上記第1ダイオードが接続されたポートとの間に、中間周波数信号出力端が接続される高周波ミキサにおいて、上記第1ダイオード及び第2ダイオードへバイアス電圧を与える外部正電源と、この外部正電源と上記第1ダイオードの陽極との間に接続された第1抵抗と、上記第1ダイオードの陽極と接地との間に接続された第2抵抗と、上記第2ダイオードの陰極と接地との間に接続され、上記第1抵抗と上記第2抵抗を並列接続した場合と同一の並列抵抗又は上記第1抵抗と上記第2抵抗を並列接続した抵抗成分と等しい第3抵抗と、を設けたことを特徴とする。

30

請求項2に係る発明は、受信信号入力端、局発信号入力端、第1ダイオードの陰極及び第2ダイオードの陽極がそれぞれ異なるポートに接続されたラットレース回路を有し、上記受信信号入力端が接続されたポートと上記第1ダイオードが接続されたポートとの間に、中間周波数信号出力端が接続される高周波ミキサにおいて、上記第1ダイオード及び第2ダイオードへバイアス電圧を与える外部正電源と、この外部正電源と上記第1ダイオードの陽極との間に接続された第1抵抗と、上記第1ダイオードの陽極と接地との間に接続された第1温度可変抵抗と、上記第2ダイオードの陰極と接地との間に接続され、上記第1抵抗の値と等しい第4抵抗と、この上記第4抵抗と並列に接続され、上記第1温度可変抵抗の値と等しい第4温度可変抵抗と、を設けたことを特徴とする。

【0011】

40

請求項1の構成によれば、中間周波数（IF）信号がDCから動作すると共に、外部正電源（外部電源に負電源を必要としない電源）のみで、ショットキーバリアダイオードからなる第1ダイオード及び第2ダイオードを非線形領域にバイアスすること、即ちバイアス電流を強制的に与えることにより、局発信号電力が不足するときでも、高周波ミキサの変換効率の低下を小さくすることができる。即ち、外部正電源を設ける共に、第1ダイオードの陽極から見て外部正電源との間に第1抵抗を接続し、かつ接地との間に第2抵抗を接続することによって、局発信号電力が低下する場合でも、第1ダイオードの陽極 - 陰極間の電圧及び第2ダイオードの陽極 - 陰極間の電圧を高く維持することができ、この結果、変換効率が向上する。

【0012】

50

一方、上記構成において、周囲温度が変化したとき、外部正電源の電圧が一定であっても、第1ダイオード及び第2ダイオードのバイアス電流が低温では低下し、高温では上昇することが生じる。

【0013】

この問題を解決するために、請求項2の構成では、上記接地側の第2抵抗と上記並列抵抗の一方を第1と第4の温度可変抵抗に置き換えており、この第1及び第4温度可変抵抗の配置によって、周囲温度が変動したときでも、第1ダイオードと第2ダイオードのバイアス電流が一定に保たれる。即ち、接地側に配置された温度可変抵抗の抵抗値が低温では上昇し、高温では低下することで、第1及び第2ダイオードに対するバイアス電流が一定になり、周囲温度の変動に左右されない安定した動作が可能となる。

10

【発明の効果】

【0014】

請求項1の発明によれば、ラットレース回路を用いた高周波ミキサ、例えばシングルバランスドミキサにおいて、局発信号電力が不足するときでも、高周波ミキサの変換効率の低下を小さくでき、変換損失の局発信号電力に対する依存性が低くなり、安定したミキサ動作を確保することができるという効果がある。

また、請求項2の発明によれば、ラットレース回路を用いた高周波ミキサにおいて、周囲温度が変動した場合でも、第1及び第4温度可変抵抗によりバイアス電流を一定に維持することで、高周波ミキサの変換損失の変動を抑制できるという効果がある。

20

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の第1実施例に係る高周波ミキサの構成を示す回路図である。

【図2】第1実施例の高周波ミキサの局発信号電力に対する第1ダイオードの陽極 - 陰極間電圧の変化を示すグラフ図である。

【図3】第1実施例の高周波ミキサの変換損失特性（局発信号電力に対する変換損失の変化）を示すグラフ図である。

【図4】第1実施例の高周波ミキサにおいて周囲温度が変動したときの変換損失特性を示すグラフ図である。

【図5】一般的なダイオードで周囲温度が変動したときの電流特性（順方向電圧に対する順方向電流の変化）を示すグラフ図である。

30

【図6】第2実施例に係る高周波ミキサの構成を示す回路図である。

【図7】第2実施例の高周波ミキサにおいて周囲温度が変動したときの変換損失特性を示すグラフ図である。

【図8】従来の高周波ミキサ（シングルバランスドミキサ）の構成及び位相関係を示す図である。

【図9】従来の高周波ミキサの構成を示す回路図である。

【図10】従来の高周波ミキサの変換損失特性を示すグラフ図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

図1には、本発明の第1実施例に係る高周波ミキサ（シングルバランスドミキサ）の構成が示されており、この第1実施例では、ショットキーバリアダイオード（SBD）からなる第1ダイオード（Dx1）5及び第2ダイオード（Dx2）6、 1.5λ 線からなるラットレース線路7を有し、このラットレース線路7の第4ポートdに第1ダイオード5、第4ポートbに第2ダイオード6が接続される。また、ラットレース線路7の第1ポートaにLO端（局発信号入力端）8、第3ポートcにRF端（受信信号入力端）9が接続される。

40

【0017】

そして、第1ダイオード5及び第2ダイオード6へバイアス電圧（駆動電圧） V_{op} を与えるために、外部正電源1が設けられ、この外部正電源1と第1ダイオード5の陽極との間に、第1抵抗（抵抗値 R_1 ）2が接続されると共に、第1ダイオード5の陽極と接地と

50

の間に、第2抵抗(抵抗値 R_2)3が接続され、第2ダイオードの陰極と接地との間に、上記第1抵抗2と第2抵抗3を並列接続した抵抗成分[抵抗値 $R_3 \{ = R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2) \}$]と等しい第3抵抗4が接続される。なお、図1の括弧内で示されるように、第1抵抗2の抵抗値 R_1 と等しい抵抗2eと、第2抵抗3の抵抗値 R_2 と等しい抵抗3eを並列に接続してもよい。

【0018】

また、第1実施例では、ラットレース線路7の第3ポートcと第4ポートdとの間の線路にIF出力端10が接続される。即ち、第1ダイオード5の陰極(ラットレース線路7)側が陽極側よりも電圧が高くなるので、ラットレース線路7側にIF出力端10を配置してIF信号を効率よく出力できるようにしている。

10

【0019】

第1実施例は以上の構成からなり、図1の高周波ミキサ回路では、外部正電源1からバイアス電圧 V_{op} を印加することにより、第1ダイオード5及び第2ダイオード6に強制的にバイアス電流が与えられることで、第1ダイオード5及び第2ダイオード6は非線形領域にバイアスされ、局発信号電圧が不足したときでも、変換効率の低下を小さくすることができる。

【0020】

図2には、局発信号電力に対する第1ダイオード5の陽極-陰極間電圧 V_{ak} の変化が示されており、従来の回路では、点線101のように、局発信号電力が不足するときには、陽極-陰極間電圧 V_{ak} が低くなる。これに対し、第1実施例では、外部正電源1と共に、第1抵抗2及び第2抵抗3を設けることで、実線102のように、局発信号電力が不足する場合でも、第1ダイオード5(及び第2ダイオード6)の陽極-陰極間電圧 V_{ak} が高く維持されることになり、これによって、変換効率が向上し、良好な振幅のIF信号(中間周波数信号)が得られる。

20

【0021】

また、この第1実施例においても、第1ダイオード5及び第2ダイオード6の周辺回路に容量成分(コンデンサ)がないため、IF信号は従来回路と同様にDC(直流)から動作する。更に、外部正電源1の入力インピーダンスは、低いため、IF信号に対してはインピーダンスが接地と等価となり、また第1ダイオード5と外部正電源1との間に第1抵抗2及び第2抵抗3を設けることに対応して、第2ダイオード6と接地との間にも、第1抵抗2及び第2抵抗3と同一の第3抵抗4(又は並列抵抗2e, 3e)を設けたので、IF信号においては第1ダイオード5の陰極から陽極側を見たときのインピーダンスと、第2ダイオード6の陰極から陽極側を見たときのインピーダンスとは等しくなる。従って、インピーダンスのバランスが保たれることから、第1ダイオード5及び第2ダイオード6から発生するノイズがキャンセルされる高周波シングルバランスドミキサとして良好に動作する。

30

【0022】

図3には、第1実施例の変換損失特性が示されており、図3の特性201のように、局発信号電力が不足している範囲でも、図10の従来回路の特性501と比較すると、変換損失の悪化(損失値の低下)が少なく、局発信号電力の変動に対して依存性の小さい安定した特性が得られている。

40

【0023】

なお、局発信号電力が十分な場合に従来回路と比較して変換損失値の僅かな低下があるが、この低下は、IF信号電力が第2抵抗3及び第3抵抗4の抵抗分に僅かに吸収されることから生じる。しかし、局発信号電力の変動に対して変換損失値が大きく変化せず、安定した特性が得られる本発明の効果は、上記デメリットを上回ることになる。

【0024】

ところで、このような第1実施例の構成において、周囲温度が大きく変動した場合、変換損失における局発信号電力の依存性が変化するという不都合があり、これを解消するために、次に説明する第2実施例の構成を採用することができる。

50

【 0 0 2 5 】

図 4 には、図 1 の構成において周囲温度が変動した場合の変換損失特性が示されており、常温（+ 2 5 ）での特性 2 0 1 に対し、例えば特性 2 0 2 に示されるように、周囲温度（ T ）が - 5 0 と低いときは、局発信号電力が不足しているときに変換損失（局発信号電力の依存性）が悪化し、局発信号電力が十分な場合には変換損失が向上する（変換損失の絶対値が低下する）。逆に、特性 2 0 3 に示されるように、周囲温度（ T ）が + 8 5 と高いときは、上記と逆の振る舞いをする。

【 0 0 2 6 】

上述のように周囲温度が変動するときで、局発信号電力が不足している場合の変換損失の振る舞いは、外部正電源 1 の電圧 V_{op} が一定（第 1 ダイオード 5 の陽極端に加わる電圧が一定）であっても、第 1 ダイオード 5 及び第 2 ダイオード 6 のバイアス電流が低温では常温より低下し、高温では逆に上昇することが原因である。図 5 には、一般的なダイオードで周囲温度が変動したときの電流特性（順方向電圧 V_f に対する順方向電流 I_f の変化）が示されており、この図 5 の周囲温度が常温（+ 2 5 ）の特性 3 0 1 に対する低温時（- 5 0 ）の特性 3 0 2 と高温時（+ 8 5 ）の特性 3 0 3 の振る舞いからも、上記高周波ミキサでの変換損失の振る舞いが理解される。一方、局発信号電力が十分な場合の上記の変換損失の振る舞いは、低温ではミキサ（SBD）の周波数変換効率が上昇し、逆に高温では周波数変換効率が低下することにある。

【 0 0 2 7 】

図 6 には、第 2 実施例の構成が示されており、この第 2 実施例の基本的な構成は図 1 と同様で、第 1 ダイオード（ $Dx1$ ）5 の陽極に、この第 1 ダイオード 5 と第 2 ダイオード（ $Dx2$ ）6 へバイアス電圧（ V_{op} ）を与えるための外部正電源 1 が設けられる。そして、この外部正電源 1 と第 1 ダイオード 5 の陽極との間に、第 1 抵抗（抵抗値 R_1 ）1 1 が接続され、かつ第 1 ダイオード 5 の陽極と接地との間に、第 1 温度可変抵抗（抵抗値 R_{T_1} ）1 2 が接続され、また第 2 ダイオード 6 の陰極と接地との間に、第 1 抵抗 1 1 と等しい抵抗値 R_1 を持つ第 4 抵抗 1 3 と第 1 温度可変抵抗 1 2 と等しい抵抗値 R_{T_1} を持つ第 4 温度可変抵抗 1 4 が並列に接続される。

【 0 0 2 8 】

このような第 2 実施例によれば、低温時には第 1 及び第 4 温度可変抵抗 1 2 , 1 4 の抵抗値 R_{T_1} が上昇するので、第 1 ダイオード（ $Dx1$ ）5 の陽極に加わる電圧は、常温時（+ 2 5 ）に比べて上昇し、逆に高温時には第 1 及び第 4 温度可変抵抗 1 2 , 1 4 の抵抗値 R_{T_1} が低下するので、常温時に比べて低下する。これにより、図 5 に示した一般的なダイオードの順方向電圧に対する順方向電流特性の各周囲温度での振る舞いからも理解されるように、周囲温度が変動した場合でも、第 1 ダイオード 5 と第 2 ダイオード 6 のバイアス電流が一定に保たれ、局発信号電力が不足している場合の変換損失の悪化が改善される。

【 0 0 2 9 】

また、第 2 実施例の高周波ミキサでは、 IF 信号が第 1 実施例と同様に、第 1 ダイオード 5 の陽極と接地間の抵抗分及び第 2 ダイオードの陰極と接地間の抵抗分に微量に吸収され、その抵抗成分が増加すると変換損失値は上昇し、逆に抵抗成分が減少すると変換損失値は減少する。この減少に対して、第 2 実施例では、低温時には第 1 及び第 4 温度可変抵抗 1 2 , 1 4 が上昇するため変換損失値（変換効率）は低下し、高温時には逆に変換損失値が上昇する。従って、局発信号電力が十分な場合の周囲温度変動時の変換損失の振る舞い、即ち低温時で変換損失値が上昇し、高温時では変換損失値が低下するという現象（図 4）が修正される。

【 0 0 3 0 】

図 7 には、第 2 実施例の変換損失特性が示されており、図 7 の 4 0 1（常温時：+ 2 5 ）、4 0 2（低温時：- 5 0 ）、4 0 3（高温時：+ 8 5 ）の特性のように、局発信号電力が変動し、周囲温度が変わった場合でも、変換損失の低下・変動が少なく、図 4 と比較しても安定した特性が得られている。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 1 】

なお、上記各実施例では、バランとして 180° のラットレース線路7を用いたが、 90° の3dBブランチラインカプラ等を使用しても、同様の効果を得ることができる。

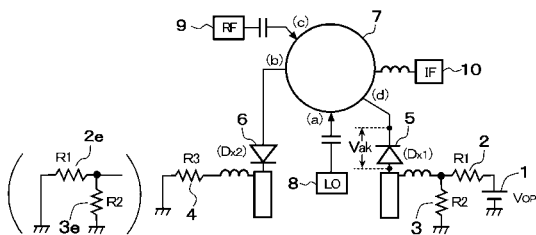
【符号の説明】

【 0 0 3 2 】

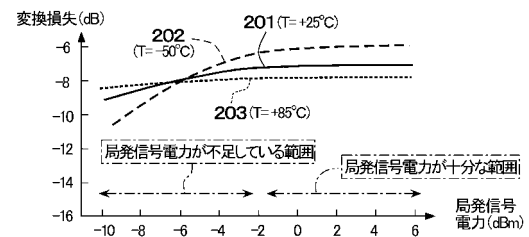
- 1 ... 外部正電源、
 2e, 3e ... 並列抵抗、
 4 ... 第3抵抗 (R_3)、
 6 ... 第2ダイオード、
 8 ... LO (局発信号) 端、
 10 ... IF (中間周波数信号) 出力端、
 13 ... 第4抵抗 (R_4)、
 2, 11 ... 第1抵抗 (R_1)、
 3 ... 第2抵抗 (R_2)、
 5 ... 第1ダイオード、
 7 ... ラットレース線路、
 9 ... RF (受信信号) 端、
 12 ... 第1温度可変抵抗 (RT_1)、
 14 ... 第4温度可変抵抗 (RT_4)。

10

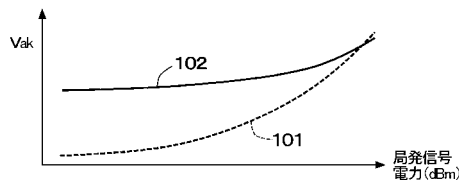
【 図 1 】



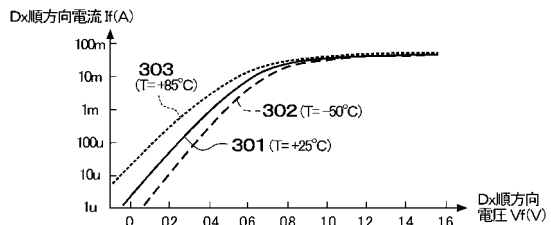
【 図 4 】



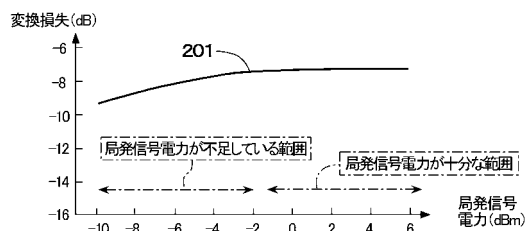
【 図 2 】



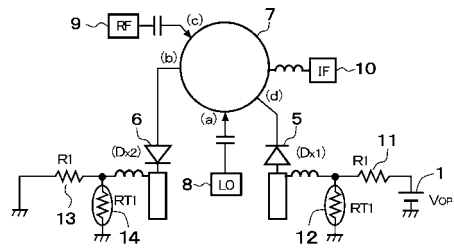
【 図 5 】



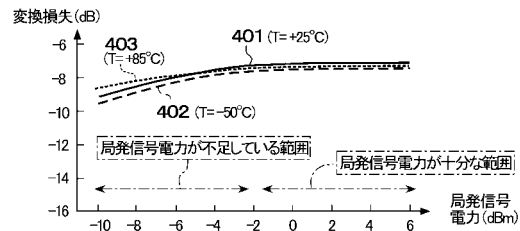
【 図 3 】



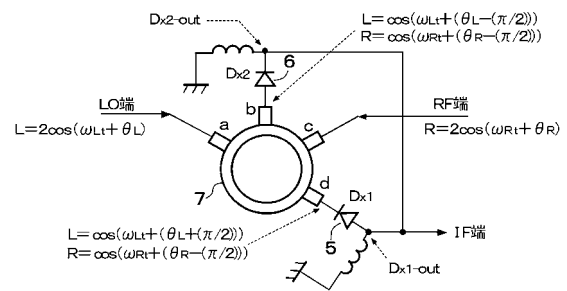
【図 6】



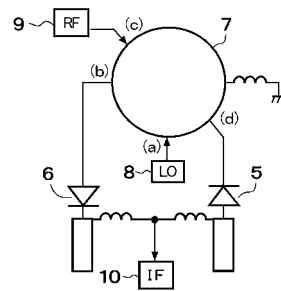
【図 7】



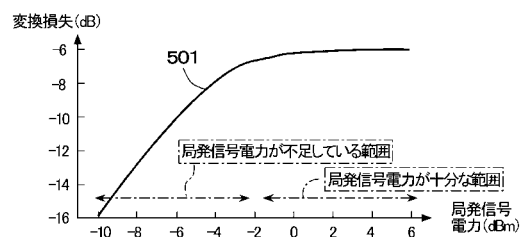
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭 6 1 - 0 1 3 8 0 6 (J P , A)
特開昭 6 3 - 0 3 6 6 0 4 (J P , A)
特開平 0 1 - 2 0 2 9 0 5 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 0 3 / 0 0 4 5 2 6 1 (U S , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H 0 3 D 7 / 0 2