

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4571283号  
(P4571283)

(45) 発行日 平成22年10月27日 (2010.10.27)

(24) 登録日 平成22年8月20日 (2010.8.20)

(51) Int.Cl.	F I
GO 1 R 13/34 (2006.01)	GO 1 R 13/34 A
GO 1 R 13/20 (2006.01)	GO 1 R 13/20 M

請求項の数 7 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2000-242865 (P2000-242865)	(73) 特許権者	000000572
(22) 出願日	平成12年8月10日 (2000.8.10)		アンリツ株式会社
(65) 公開番号	特開2002-55124 (P2002-55124A)		神奈川県厚木市恩名五丁目1番1号
(43) 公開日	平成14年2月20日 (2002.2.20)	(74) 代理人	100084618
審査請求日	平成19年7月25日 (2007.7.25)		弁理士 村松 貞男
		(74) 代理人	100092196
			弁理士 橋本 良郎
		(74) 代理人	100091351
			弁理士 河野 哲
		(74) 代理人	100088683
			弁理士 中村 誠
		(72) 発明者	尾坪 利信
			東京都港区南麻布五丁目10番27号 アンリツ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 波形測定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

入力された任意の繰り返し周期を有する被測定信号を、この被測定信号の繰り返し周期より長い周期を有するサンプリング信号でサンプリングするサンプリング部 (12) と、このサンプリング部 (12) によってサンプリングされた被測定信号の包絡線波形を求め、この包絡線波形から前記被測定信号の信号波形を求めるデータ処理部 (23) とを有する波形測定装置において、

基準信号入力端子 (REF) を有し、該基準信号入力端子 (REF) に印加される基準信号を用いて前記被測定信号の繰り返し周波数に等しい周波数を有する周波数信号を出力する周波数信号発生器 (15) と、

この周波数信号発生器 (15) から出力された周波数信号の位相と前記被測定信号の位相との位相差を検出して位相差信号として出力する位相比較器 (14) と、

この位相比較器 (14) から出力された位相差信号に基づいて前記被測定信号に位相同期した基準信号を発生して前記周波数信号発生器 (15) の前記基準信号入力端子 (REF) へ帰還させる電圧制御発振器 (17) と、

この電圧制御発振器 (17) から出力される基準信号を用いて前記サンプリング信号を発生するサンプリング信号発生回路 (18) とを備えたことを特徴とする波形測定装置。

【請求項 2】

前記周波数信号発生器 (15) から出力された周波数信号と前記被測定信号とをミキシ

ングするミキサ回路(27)を備え、

前記位相比較器(14)は、前記基準信号入力端子(REF)に印加される基準信号の位相と前記ミキサ回路(27)からの出力信号の位相との位相差を検出して位相差信号として出力する

ことを特徴とする請求項1記載の波形測定装置。

【請求項3】

前記被測定信号の繰り返し周波数を $1/n$ ( $n$ ；正整数)に分周する分周器(28)を備え、

前記周波数信号発生器(15)は、前記基準信号入力端子(REF)に印加される基準信号を用いて前記被測定信号の繰り返し周波数が $1/n$ ( $n$ ；正整数)に等しい周波数を有する周波数信号を出力し、

前記位相比較器(14)は、前記周波数信号発生器(15)から出力された周波数信号の位相と前記分周器(28)によって繰り返し周波数を $1/n$ ( $n$ ；正整数)に分周された前記被測定信号の位相との位相差を検出して位相差信号として出力する

ことを特徴とする請求項1記載の波形測定装置。

【請求項4】

前記基準信号の周波数の $m$ ( $m$ ；正整数)てい倍の周波数を有する信号を出力する周波数てい倍器(29)と、

前記周波数信号発生器(15)から出力された周波数信号と前記被測定信号とをミキシングするミキサ回路(27)とを備え、

前記周波数信号発生器(15)は、前記基準信号入力端子(REF)に印加される基準信号を用いて前記被測定信号の繰り返し周波数に等しい周波数と前記基準信号の周波数の $m$ ( $m$ ；正整数)てい倍の周波数とを加算または減算した周波数を有する周波数信号を出力し、

前記位相比較器(14)は、前記基準信号入力端子(REF)に前記周波数てい倍器(29)から印加される前記基準信号の周波数の $m$ てい倍の周波数を有する信号の位相と前記ミキサ回路(27)からの出力信号の位相との位相差を検出して位相差信号として出力する

ことを特徴とする請求項1記載の波形測定装置。

【請求項5】

前記被測定信号の繰り返し周波数を測定する周波数測定部(26)と、

この周波数測定部(26)で測定された被測定信号の繰り返し周波数に基づいて、前記周波数信号発生器(15)に対して該周波数信号発生器(15)から出力する周波数信号の周波数を設定する周波数設定部(16)と

を備えたことを特徴とする請求項1から4のいずれか1項記載の波形測定装置。

【請求項6】

前記被測定信号が光信号であるとき、

該光信号である前記被測定信号を2方向に分波する分波器(11)と、

この分波器(11)で分波された一方の被測定信号からその繰り返し周期のクロックを検出することにより、前記光信号である被測定信号を、前記繰り返し周波数を有する正弦波波形の電気信号の被測定信号に変換して出力するクロック再生器(13)とを備えたことを特徴とする請求項1から5のいずれか1項記載の波形測定装置。

【請求項7】

前記サンプリング部(12)が電界吸収型変調器(12)であるとき、

該電界吸収型変調器(12)によって、前記分波器(11)から入力された、光信号の被測定信号を前記サンプリング信号発生回路(18)から入力されたサンプリング信号でサンプリングして得られた光信号の被測定信号を受光してサンプリング後の光信号である被測定信号を電気信号の被測定信号に変換する受光器(21)と、

前記受光器(21)によって電気信号に変換された被測定信号をデジタルの被測定信号に変換して、前記データ処理部(23)へ送出するアナログ/デジタル変換器(22)と

10

20

30

40

50

、  
前記データ処理部（２３）によって求められた前記包絡線波形の時間軸の目盛りを元の被測定信号の目盛りに変換して、前記被測定信号の信号波形として表示する表示器（２４）と

を備えたことを特徴とする請求項６記載の波形測定装置。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、入力された任意の繰り返し周期を有する被測定信号の信号波形を求める波形測定装置に関する。

【０００２】

【従来の技術】

入力された任意の繰り返し周期を有する電気信号や光信号等からなる被測定信号の信号波形を測定する種々の測定手法が提唱されている。しかし、被測定信号の繰り返し周期、すなわち繰り返し周波数が１０GHzを超える高周波信号の場合、被測定信号の信号波形を直接オシロスコープ等の表示画面上で観察できないので、その波形測定手法の選択範囲は自ずと制限がある。

【０００３】

この繰り返し周波数が１０GHzを超える被測定信号の信号波形を測定する代表的手法を図７を用いて説明する。繰り返し周期 $T_a$ （例えば、繰り返し周波数 $f_a = 10\text{ GHz}$ ）を有する被測定信号 $a$ を、この被測定信号 $a$ の繰り返し周期 $T_a$ より長い周期 $T_b$ （例えば、繰り返し周波数 $f_b = 999.9\text{ MHz}$ ）のサンプリング信号 $b$ でサンプリングする。この場合、繰り返し周期 $T_a$ 、 $T_b$ 相互間の関係を調整して、図７に示すように、時間経過と共に、被測定信号 $a$ の繰り返し周期 $T_a$ 内の信号波形におけるサンプリング信号 $b$ のサンプリング位置が微小時間 $T$ ずつずれていくようにする。

【０００４】

したがって、このサンプリング信号 $b$ でサンプリングされた後の被測定信号 $c$ は、図示するように、サンプリング信号 $b$ に同期した位置にパルス状波形が出現する離散的波形となる。そして、この各パルス状波形の包絡線波形が被測定信号 $a$ の時間軸方向に拡大された信号波形 $d$ となる。

【０００５】

図７に示したサンプリング手法の原理で被測定信号 $a$ の信号波形 $d$ を測定する波形測定装置は例えば図８に示すように構成されている。

繰り返し周期 $T_a$ （繰り返し周波数 $f_a$ ）を有する被測定信号 $a$ はサンプリング回路１及びタイマ回路２へ入力される。タイマ回路２は、自己内部に有する基準時間信号を用いて、サンプリング信号発生回路３へサンプリング信号 $b$ の各パルスの発生タイミングを出力する。この場合、サンプリング信号 $b$ の各パルスの発生タイミングは被測定信号 $a$ の繰り返し周期 $T_a$ の開始時刻から $T$ ずつずれる必要があるので、基準時間信号を入力された被測定信号 $a$ に同期させている。

【０００６】

サンプリング信号発生回路３は、タイマ回路２から発生タイミングが入力する毎にパルスが発生するサンプリング信号 $b$ をサンプリング回路１へ印加する。サンプリング回路１は、入力された被測定信号 $a$ をサンプリング信号発生回路３から入力されたサンプリング信号 $b$ でサンプリングして、サンプリングされた被測定信号 $c$ を信号処理・波形表示部４へ送出する。

【０００７】

信号処理・波形表示部４は、入力されたサンプリングされた被測定信号 $c$ の包絡線波形を算出して、この包絡線波形の時間軸の目盛りを元の被測定信号 $a$ の目盛りに変換して、被測定信号 $a$ の信号波形 $d$ として表示出力する。

【０００８】

10

20

30

40

50

図 9 は、図 7 に示したサンプリング手法の原理で被測定信号 a の信号波形 d を測定する別の波形測定装置の概略構成を示す図である。

繰り返し周波数  $f_a$  (繰り返し周期  $T_a$ ) を有する被測定信号 a はサンプリング回路 1 及び分周器 5 へ入力される。分周器 5 は、被測定信号 a の繰り返し周波数  $f_a$  を  $1/n$  に分周して位相比較器 6 へ送出する。電圧制御発振器 (VCO) 7 は、繰り返し周波数  $f_a$  の  $1/n$  ( $n$ ; 正整数) の周波数 ( $f_a/n$ ) を有する信号を発生して位相比較器 6 へ帰還させる。

【0009】

位相比較器 6 は、電圧制御発振器 (VCO) の出力信号の位相と分周器 5 の出力信号の位相との位相差を検出して位相差信号として電圧制御発振器 (VCO) 7 へ送出する。この PLL ループによって、電圧制御発振器 (VCO) 7 からの出力信号の位相は被測定信号 a の位相に同期する。

10

【0010】

電圧制御発振器 (VCO) 7 から出力された周波数 ( $f_a/n$ ) を有する出力信号の周波数 ( $f_a/n$ ) は次の固定の分周器 8a と固定の通 (てい) 倍器 8b とで  $[(f_a/n) \cdot f]$  の周波数に変換されて、サンプリング信号発生回路 3a へ入力される。

【0011】

サンプリング信号発生回路 3a は、入力された出力信号に同期する

繰り返し周波数  $f_b = [(f_a/n) \cdot f] \dots (1)$

繰り返し周期  $T_b = [(nT_a) + T] \dots (2)$

20

を有するサンプリング信号 b をサンプリング回路 1 へ印加する。但し、 $f$  と  $T$  との関係は近似的に下式で示される。

【0012】

$$f / T = f_a^2 / n^2 \dots (3)$$

サンプリング回路 1 は、入力された被測定信号 a をサンプリング信号発生回路 3a から入力されたサンプリング信号 b でサンプリングして、サンプリングされた被測定信号 c を信号処理・波形表示部 4 へ送出する。

【0013】

信号処理・波形表示部 4 は、入力されたサンプリングされた被測定信号 c の包絡線波形を算出して、この包絡線波形の時間軸の目盛りを元の被測定信号 a の目盛りに変換して、被測定信号 a の信号波形 d として表示出力する。この場合、測定された包絡線波形の被測定信号 a の信号波形 d に対する拡大率は  $(f_a/n \cdot f)$  である。

30

【0014】

なお、被測定信号 a が電気信号でなくて、光信号の場合、この光信号を電気信号に変換して、タイマ回路 2 又は分周器 5 へ印加する。また、サンプリング回路 1 の代りに、電界吸収型光変調器を用いる。この電界吸収型光変調器は、入射された光信号の進行方向に対してサンプリング信号によるパルス状の電界を印加することによって、入力された光信号からなるパルス状の被測定信号 a をサンプリングすることが可能である。そして、このサンプリングされた光信号からなる被測定信号 c を電気信号に変換して信号処理・波形表示部 4 へ送出する。

40

【0015】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、図 8 及び図 9 に示すサンプリング手法を用いた波形測定装置においてもまだ解消すべき次のような課題があった。

【0016】

すなわち、図 8 に示す波形測定装置においては、タイマ回路 2 が出力するタイミング信号の出力タイミングは、このタイマ回路 2 内に有する基準時間信号を用いて設定される。すなわち、発振器から出力される基準時間信号と、被測定信号 a の繰り返し周期  $T_a$  を決定する基準信号とは、ハード的に異なる信号発生器で作成された信号であるので、位相まで検証すると、全てのタイミングで常に一致していることはない。

50

## 【 0 0 1 7 】

そのために、サンプリング回路 1 でサンプリングされた後の被測定信号 c の包絡線波形に大きなジッタが発生し、被測定信号 a の信号波形 d の測定精度が低下する。例えば、被測定信号 a の繰り返し周波数 f a が 1 0 GHz 程度の場合、発生するジッタ量は数 p s (ピコ・セカンド) に達し、受光器及び電気処理回路の帯域制限も考慮した最終の被測定信号 a の信号波形 d において、波形の誤差範囲が 1 0 p s ~ 2 0 p s にも達する。

## 【 0 0 1 8 】

また、図 9 に示す波形測定装置においては、サンプリング信号発生回路 3 a から出力される繰り返し周波数  $f_b = [(f_a / n) \quad f]$  を有するサンプリング信号 b を作成するための通(てい)倍器 8 b からの出力信号は、被測定信号 a を分周する分周器 5 と、位相比較器 6 と電圧制御発振器 (V C O) 7 とで構成された P L L 回路で作成される。

10

## 【 0 0 1 9 】

すなわち、サンプリング信号 b は測定対象の被測定信号 a を加工して作成されるので、サンプリング信号 b は被測定信号 a に対して常に位相同期している。よって、図 8 の波形測定装置のように、サンプリング信号 b を作成するための発振器を別途設けることはない。よって、ジッタの発生量が大幅に抑制される。

## 【 0 0 2 0 】

しかしながら、サンプリング信号 b の繰り返し周波数 f b は、前述した(1)、(3)式からも明らかのように、被測定信号 a の繰り返し周波数 f a の関数で示される。このことは、サンプリング信号 b の繰り返し周波数 f b を被測定信号 a の繰り返し周波数 f a に対して独立して任意に設定できない。よって、被測定信号 a の繰り返し周波数 f a が変化すると、測定された被測定信号 a の信号波形 d の時間分解能、すなわち測定精度が自動的に変化する。

20

## 【 0 0 2 1 】

このことは、被測定信号 a の信号波形 d を任意の時間分解能で測定できないことを示す。また、各分周器 5 , 8 a の仕様特性等に起因してサンプリング信号 b の繰り返し周波数 f b の選択範囲も大きく制限される。

## 【 0 0 2 2 】

本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、サンプリング信号の周波数を得るための周波数信号を周波数信号発生器を用いて生成するとともに、この生成した周波数信号を P L L 手法を用いて被測定信号に対して常時位相同期させることにより、被測定信号をサンプリングするサンプリング信号の周波数を被測定信号の繰り返し周波数に対して独立して任意に設定でき、ジッタ発生量を大幅に抑制した状態で、被測定信号の信号波形の測定精度を向上できるとともに、信号波形を任意の分解精度で測定できる波形測定装置を提供することを目的とする。

30

## 【 0 0 2 3 】

## 【課題を解決するための手段】

本発明は、入力された任意の繰り返し周期を有する被測定信号を、この被測定信号の繰り返し周期より長い周期を有するサンプリング信号でサンプリングするサンプリング部と、このサンプリング部によってサンプリングされた被測定信号の包絡線波形を求め、この包絡線波形から被測定信号の信号波形を求めるデータ処理部とを有する波形測定装置に適用される。

40

## 【 0 0 2 4 】

そして、上記課題を解消するために、本発明の請求項 1 の波形測定装置においては、基準信号入力端子 ( R E F ) を有し、該基準信号入力端子 ( R E F ) に印加される基準信号を用いて前記被測定信号の繰り返し周波数に等しい周波数を有する周波数信号を出力する周波数信号発生器 ( 1 5 ) と、この周波数信号発生器 ( 1 5 ) から出力された周波数信号の位相と前記被測定信号の位相との位相差を検出して位相差信号として出力する位相比較器 ( 1 4 ) と、この位相比較器 ( 1 4 ) から出力された位相差信号に基づいて前記被測定信号に位相同期した基準信号を発生して前記周波数信号発生器 ( 1 5 ) の前記基準信号入

50

力端子 ( R E F ) へ帰還させる電圧制御発振器 ( 1 7 ) と、この電圧制御発振器 ( 1 7 ) から出力される基準信号を用いて前記サンプリング信号を発生するサンプリング信号発生回路 ( 1 8 ) とを備えている。

【 0 0 2 5 】

このように構成された波形測定装置においては、サンプリング信号発生手段にて生成されるサンプリング信号は、電圧制御発振器から出力される基準信号に基づいて作成される。さらに、この基準信号の周波数は周波数信号発生器にて、被測定信号の繰り返し周波数に対して独立に任意の値に設定可能である。さらに、この基準信号の位相は、周波数信号発生器と位相比較器と電圧制御発振器とで構成される P L L 回路でもって、被測定信号の位相と常時位相同期が取れている状態である。

10

【 0 0 2 6 】

よって、被測定信号をサンプリングするサンプリング信号の周波数を、被測定信号の繰り返し周波数に独立して任意に設定でき、かつ被測定信号に対して常時位相同期が取れているので、ジッタ発生が抑制される。

【 0 0 2 7 】

請求項 2 においては、上記波形測定装置において、前記周波数信号発生器 ( 1 5 ) から出力された周波数信号と前記被測定信号とをミキシングするミキサ回路 ( 2 7 ) を備え、前記位相比較器 ( 1 4 ) は、前記基準信号入力端子 ( R E F ) に印加される基準信号の位相と前記ミキサ回路 ( 2 7 ) からの出力信号の位相との位相差を検出して位相差信号として出力するようにしている。

20

【 0 0 2 8 】

請求項 3 においては、上記波形測定装置において、前記被測定信号の繰り返し周波数を  $1/n$  (  $n$  ; 正整数 ) に分周する分周器 ( 2 8 ) を備え、前記周波数信号発生器 ( 1 5 ) は、前記基準信号入力端子 ( R E F ) に印加される基準信号を用いて前記被測定信号の繰り返し周波数が  $1/n$  (  $n$  ; 正整数 ) に等しい周波数を有する周波数信号を出力し、前記位相比較器 ( 1 4 ) は、前記周波数信号発生器 ( 1 5 ) から出力された周波数信号の位相と前記分周器 ( 2 8 ) によって繰り返し周波数を  $1/n$  (  $n$  ; 正整数 ) に分周された前記被測定信号の位相との位相差を検出して位相差信号として出力するようにしている。

【 0 0 2 9 】

請求項 4 においては、上記波形測定装置において、前記基準信号の周波数の  $m$  (  $m$  ; 正整数 ) てい倍の周波数を有する信号を出力する周波数てい倍器 ( 2 9 ) と、前記周波数信号発生器 ( 1 5 ) から出力された周波数信号と前記被測定信号とをミキシングするミキサ回路 ( 2 7 ) とを備え、前記周波数信号発生器 ( 1 5 ) は、前記基準信号入力端子 ( R E F ) に印加される基準信号を用いて前記被測定信号の繰り返し周波数に等しい周波数と前記基準信号の周波数の  $m$  (  $m$  ; 正整数 ) てい倍の周波数とを加算または減算した周波数を有する周波数信号を出力し、前記位相比較器 ( 1 4 ) は、前記基準信号入力端子 ( R E F ) に前記周波数てい倍器 ( 2 9 ) から印加される前記基準信号の周波数の  $m$  てい倍の周波数を有する信号の位相と前記ミキサ回路 ( 2 7 ) からの出力信号の位相との位相差を検出して位相差信号として出力する。

30

【 0 0 3 0 】

請求項 5 においては、上記波形測定装置において、前記被測定信号の繰り返し周波数を測定する周波数測定部 ( 2 6 ) と、この周波数測定部 ( 2 6 ) で測定された被測定信号の繰り返し周波数に基づいて、前記周波数信号発生器 ( 1 5 ) に対して該周波数信号発生器 ( 1 5 ) から出力する周波数信号の周波数を設定する周波数設定部 ( 1 6 ) とを備えている。

40

【 0 0 3 1 】

請求項 6 においては、上記波形測定装置において、前記被測定信号が光信号であるとき、該光信号である前記被測定信号を 2 方向に分波する分波器 ( 1 1 ) と、この分波器 ( 1 1 ) で分波された一方の被測定信号からその繰り返し周期のクロックを検出することにより、前記光信号である被測定信号を、前記繰り返し周波数を有する正弦波波形の電気信号

50

の被測定信号に変換して出力するクロック再生器(13)とを備えている。

請求項7においては、上記波形測定装置において、前記サンプリング部(12)が電界吸収型変調器(12)であるとき、該電界吸収型変調器(12)によって、前記分波器(11)から入力された、光信号の被測定信号を前記サンプリング信号発生回路(18)から入力されたサンプリング信号でサンプリングして得られた光信号の被測定信号を受光してサンプリング後の光信号である被測定信号を電気信号の被測定信号に変換する受光器(21)と、前記受光器(21)によって電気信号に変換された被測定信号をデジタルの被測定信号に変換して、前記データ処理部(23)へ送出するアナログ/デジタル変換器(22)と、前記データ処理部(23)によって求められた前記包絡線波形の時間軸の目盛りを元の被測定信号の目盛りに変換して、前記被測定信号の信号波形として表示する表示器(24)とを備えている。

10

【0032】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の各実施形態を図面を用いて説明する。

(第1実施形態)

図1は本発明の第1実施形態に係わる波形測定装置の概略構成を示すブロック図である。

【0033】

入力端子から入力された、例えば図7に示す繰り返し周期 $T_a$ (繰り返し周波数 $f_a$ )を有する光信号からなる被測定信号 $a$ は分波器11で2方向に分波されて、一方はサンプリング回路としての電界吸収型変調器12へ入射され、他方はクロック再生器13へ入射される。なお、この実施形態装置においては、被測定信号 $a$ の繰り返し周波数 $f_a$ は10GHzに設定されている。

20

【0034】

クロック再生器13は、入射された光信号からなる被測定信号 $a$ における繰り返し周期 $T_a$ の開始タイミング、すなわち、繰り返し周期 $T_a$ のクロックを検出して、入射された光信号からなる被測定信号 $a$ を、周波数 $f_a$ (繰り返し周波数)を有する正弦波波形の電気信号の被測定信号 $a_1$ に変換して次の位相比較器14へ送出する。

【0035】

周波数信号発生器15は、例えばシンセサイザ等で形成されており、基準信号入力端子に印加されている基準信号 $e$ を逡倍又は分周することによって、任意の周波数を有した周波数信号 $g$ を作成可能である。具体的には、電圧制御発振器(VCO)17から印加されている10MHzの基準信号 $e$ を用いて、コンピュータからなる制御部16から指示された被測定信号 $a$ の繰り返し周波数である10GHzの周波数 $f_a$ を有する周波数信号 $g$ を作成して出力する。この場合、基準信号 $e$ を1000倍に逡倍している。そして、当然、出力される周波数信号 $g$ の位相は基準信号 $e$ の位相に1対1で完全に同期している。

30

【0036】

周波数信号発生器15から出力された周波数 $f_a$ を有する周波数信号 $g$ は位相比較器14へ印加される。位相比較器14は、クロック再生器13から入力された電気信号に変換された周波数 $f_a$ を有する被測定信号 $a_1$ の位相と周波数 $f_a$ を有する周波数信号 $g$ の位相との位相差を検出して位相差信号 $h$ として、電圧制御発振器(VCO)17へ送出する。

40

【0037】

電圧制御発振器(VCO)17は、前述した10MHzの基準信号 $e$ を発生して周波数信号発生器15の基準信号入力端子へ印加する。位相比較器14と電圧制御発振器(VCO)17と周波数信号発生器15とはPLL回路を構成するので、電圧制御発振器(VCO)17から出力される基準信号 $e$ の位相は、常時、被測定信号 $a_1$ の位相に同期している。

【0038】

電圧制御発振器(VCO)17から出力される基準信号 $e$ は周波数信号発生器15に帰還されると共に、サンプリング信号 $b$ を発生するサンプリング信号発生回路18へ入力される。サンプリング信号発生回路18は、信号発生器19と波形整形回路20とで構成されている。

50

## 【 0 0 3 9 】

信号発生器 1 9 は、前出した周波数信号発生器 1 5 と同様に、例えばシンセサイザ等で形成されており、基準信号入力端子に印加されている基準信号 e を通倍又は分周することによって、任意の周波数を有した信号を作成可能である。具体的には、電圧制御発振器 ( V C O ) 1 7 から印加されている 1 0 MHz の基準信号 e を用いて、制御部 1 6 から指示されたサンプリング信号 b の周波数 f b である 9 9 9 . 9 MHz の周波数を有する信号を作成して出力する。

## 【 0 0 4 0 】

ここで、サンプリング信号 b の周波数 f b と被測定信号 a の繰り返し周波数 f a との関係を検証すると、前述した (1) 式に、 f a = 1 0 GHz、 f b = 9 9 9 . 9 MHz を代入すると、

$$f b = ( f a / n ) \quad f \quad \dots (1)$$

例えば、 n = 1 0、 f = 0 . 1 MHz で (1) 式が成立する。

## 【 0 0 4 1 】

信号発生器 1 9 から出力された正弦波形の信号は、次の波形整形回路 2 0 で、図 7 に示すような繰り返し周波数 f b ( 繰り返し周期 T b ) を有するパルス波形状のサンプリング信号 b に波形整形される。サンプリング信号発生回路 1 8 から出力された周波数 f b を有するサンプリング信号 b は電界吸収型変調器 1 2 へ入力される。

## 【 0 0 4 2 】

電界吸収型変調器 1 2 は、前述したように、入力された光信号の被測定信号 a をサンプリング信号発生回路 1 8 から入力されたサンプリング信号 b でサンプリングして、サンプリングされた光信号の被測定信号 c を受光器 2 1 へ送出する。

## 【 0 0 4 3 】

受光器 2 1 は、入射されたサンプリング後の光信号の被測定信号 c を電気信号の被測定信号 c<sub>1</sub> に変換する。受光器 2 1 から出力された被測定信号 c<sub>1</sub> は A / D 器 2 2 でデジタルのサンプリングされた被測定信号 c<sub>2</sub> に A / D 変換されて、データ処理部 2 3 へ入力される。

## 【 0 0 4 4 】

データ処理部 2 3 は、入力されたサンプリングされた被測定信号 c<sub>1</sub> の包絡線波形を算出して、この包絡線波形の時間軸の目盛りを元の被測定信号 a の目盛りに変換して、被測定信号 a の信号波形 d として表示器 2 4 に表示出力する。

## 【 0 0 4 5 】

このように構成された第 1 実施形態の波形測定装置においては、この波形測定装置の操作者は制御部 1 6 を介して、サンプリング信号発生回路 1 8 の信号発生器 1 9 に対して、被測定信号 a の繰り返し周波数 f a に対して、全く独立して、サンプリング信号 b の繰り返し周波数 f b を設定可能である。

## 【 0 0 4 6 】

この場合、サンプリング信号発生回路 1 8 の信号発生器 1 9 に印加される基準信号 e の位相は、位相比較器 1 4 と電圧制御発振器 ( V C O ) 1 7 と周波数信号発生器 1 5 とで構成される P L L 回路の位相制御機能により、被測定信号 a の位相と常時完全に一致している。

## 【 0 0 4 7 】

したがって、被測定信号をサンプリングするサンプリング信号 b の周波数 f b を、被測定信号 a の繰り返し周波数 f a に独立して任意に設定でき、かつサンプリング信号 b は被測定信号 a に対して常時位相同期が取れているので、ジッタ発生量が抑制される。よって、ジッタ発生量を大幅に抑制した状態で、被測定信号 a の信号波形 d の測定精度を向上できるとともに、信号波形 d を任意の分解精度で測定できる。

## 【 0 0 4 8 】

( 第 2 実施形態 )

図 2 は本発明の第 2 実施形態に係わる波形測定装置の概略構成を示すブロック図である。図 1 に示した第 1 実施形態の波形測定装置と同一部には同一符号を付して、重複する部分

10

20

30

40

50



の詳細説明を省略する。

【 0 0 4 9 】

この第2実施形態の波形測定装置においては、クロック再生器13から出力された電気信号の被測定信号 $a_1$ は位相比較器14へ入力されると共に分波器25で分波されて、周波数カウンタ26へ入力される。周波数カウンタ26は、入力された電気信号の被測定信号 $a_1$ の繰り返し周波数 $f_a$ を測定して、測定された繰り返し周波数 $f_a$ のデータを制御部16へ送出する。なお、周波数カウンタ26には、被測定信号 $a_1$ のクロック(波形)のタイミングとクロックカウントのタイミングの同期を取るために、電圧制御発振器17から基準信号 $e$ が入力されている。

【 0 0 5 0 】

制御部16は、周波数カウンタ26から入力された被測定信号 $a$ の繰り返し周波数 $f_a$ を周波数信号発生器15に対して、出力される周波数信号 $g$ の周波数として設定する。したがって、周波数信号発生器15は、図1に示す第1実施形態の波形測定装置における周波数信号発生器15と同様に、被測定信号 $a$ の繰り返し周波数と同一の周波数 $f_a$ を有する周波数信号 $g$ を次の位相比較器14へ送出する。これ以降の動作は、図1に示した第1実施形態の波形測定装置の動作と同じである。

【 0 0 5 1 】

このように構成された第2実施形態の波形測定装置においては、周波数カウンタ26で、被測定信号 $a$ の繰り返し周波数 $f_a$ を測定して、周波数信号発生器15に設定しているので、第1実施形態の波形測定装置と同様に、ジッタの発生量を抑制した状態で、被測定信号 $a$ の信号波形 $d$ を任意の分解精度で測定できる。

【 0 0 5 2 】

さらに、この第2実施形態の波形測定装置においては、たとえ被測定信号 $a$ の繰り返し周波数 $f_a$ が不明であったとしても、被測定信号 $a$ の信号波形 $d$ を正しく測定できる。

【 0 0 5 3 】

(第3実施形態)

図3は本発明の第3実施形態に係わる波形測定装置の概略構成を示すブロック図である。図1に示した第1実施形態の波形測定装置と同一部には同一符号を付して、重複する部分の詳細説明を省略する。

【 0 0 5 4 】

この第3実施形態の波形測定装置においては、周波数信号発生器15と位相比較器14との間にミキサ回路27が介挿されている。そして、クロック再生器13から出力された電気信号の被測定信号 $a_1$ は、位相比較器14へ入力されずに、ミキサ回路27へ入力される。電圧制御発振器(VCO)17は、10MHzの周波数を有した基準信号 $e$ を周波数信号発生器15の基準信号入力端子へ印加すると共に、位相比較器14の他方の入力端へ印加される。さらに、周波数信号発生器15には、制御部16から被測定信号 $a$ の繰り返し周波数 $f_a$ に基準信号の周波数を加算した周波数が設定周波数として入力される。

【 0 0 5 5 】

このような構成の第3実施形態の波形測定装置において、周波数信号発生器15は、被測定信号 $a$ の繰り返し周波数 $f_a$ に基準信号の周波数を加算した周波数を有する周波数信号 $g$ を出力する。この実施形態装置においては、被測定信号 $a$ の繰り返し周波数 $f_a$ が10GHzであり、基準信号 $e$ の周波数が10MHzであるので、(10GHz + 10MHz)の周波数を有した周波数信号 $g$ が次のミキサ回路27へ送出される。

【 0 0 5 6 】

ミキサ回路27は周波数信号発生器15から出力された周波数信号 $g$ とクロック再生器13から出力された被測定信号 $a_1$ とを信号合成する。したがって、ミキサ回路27の出力信号 $j$ は、周波数信号 $g$ の周波数(10GHz + 10MHz)と被測定信号 $a_1$ の周波数(10GHz)との差の周波数(10MHz)の成分を有する。ミキサ回路27の出力信号 $j$ は位相比較器14へ送出される。したがって、この出力信号 $j$ には、被測定信号 $a_1$ と周波数信号 $g$ 内の基準信号 $e$ との位相差成分が含まれる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 7 】

位相比較器 1 4 は、ミキサ回路 2 7 の出力信号  $j$  の位相と基準信号  $e$  の位相との位相差を検出して位相差信号  $h$  として、電圧制御発振器 (VCO) 1 7 へ印加する。電圧制御発振器 (VCO) 1 7 は、前述した 1 0 MHz の基準信号  $e$  を発生して周波数信号発生器 1 5 の基準信号入力端子と位相比較器 1 4 へ印加する。ミキサ回路 2 7 と位相比較器 1 4 と電圧制御発振器 (VCO) 1 7 と周波数信号発生器 1 5 とは PLL 回路を構成するので、電圧制御発振器 (VCO) 1 7 から出力される基準信号  $e$  の位相は、常時、被測定信号  $a_1$  の位相に同期している。

## 【 0 0 5 8 】

電圧制御発振器 (VCO) 1 7 から出力される 1 0 MHz の基準信号  $e$  は周波数信号発生器 1 5 に帰還されると共に、サンプリング信号発生回路 1 8 へ入力される。サンプリング信号発生回路 1 8 は、図 7 に示すサンプリング信号  $b$  を発生して電界吸収型変調器 1 2 へ印加する。

10

## 【 0 0 5 9 】

したがって、この第 3 実施形態の波形測定装置においても、入力された被測定信号  $a$  の信号波形  $d$  を測定できる。

さらに、この第 3 実施形態の波形測定装置においては、ミキサ回路 2 7 を周波数信号発生器 1 5 と位相比較器 1 4 との間に介挿することによって、位相比較器 1 4 へ入力されるミキサ回路 2 7 の出力信号  $j$  の周波数成分を基準信号  $e$  の周波数成分に低下できるので、高速処理可能な位相比較器 1 4 を採用する必要はない。したがって、波形測定装置の製造費を低下できると共に、測定された信号波形  $d$  の測定精度を向上できる。

20

## 【 0 0 6 0 】

## (第 4 実施形態)

図 4 は本発明の第 4 実施形態に係わる波形測定装置の概略構成を示すブロック図である。図 2 に示した第 2 実施形態の波形測定装置及び図 3 に示した第 3 実施形態の波形測定装置と同一部には同一符号を付して、重複する部分の詳細説明を省略する。

## 【 0 0 6 1 】

この第 4 実施形態の波形測定装置においては、図 3 に示した第 3 実施形態の波形測定装置に対して、図 2 に示した第 2 実施形態の波形測定装置における分波器 2 5 及び周波数カウンタ 2 6 を付加している。

30

## 【 0 0 6 2 】

すなわち、クロック再生器 1 3 から出力された被測定信号  $a_1$  はミキサ回路 2 7 へ入力されると共に分波器 2 5 で分波されて、周波数カウンタ 2 6 へ入力される。周波数カウンタ 2 6 は、入力された電気信号の被測定信号  $a_1$  の繰り返し周波数  $f_a$  を測定して、測定された繰り返し周波数  $f_a$  のデータを制御部 1 6 へ送出する。

## 【 0 0 6 3 】

制御部 1 6 は、周波数カウンタ 2 6 から入力された被測定信号  $a$  の繰り返し周波数  $f_a$  に基準信号  $e$  の周波数を加算した周波数を波数信号発生器 1 5 に対して設定する。したがって、周波数信号発生器 1 5 は、図 3 に示す第 3 実施形態の波形測定装置における周波数信号発生器 1 5 と同様に、被測定信号  $a$  の繰り返し周波数  $f_a$  に基準信号の周波数を加算した周波数を有する周波数信号  $g$  を出力する。

40

## 【 0 0 6 4 】

よつて、第 3 実施形態装置と同様に、入力された被測定信号  $a$  の信号波形  $d$  を測定できる。

さらに、この第 4 実施形態の波形測定装置においては、たとえ被測定信号  $a$  の繰り返し周波数  $f_a$  が不明であったとしても、被測定信号  $a$  の信号波形  $d$  を正しく測地できる。

## 【 0 0 6 5 】

## (第 5 実施形態)

図 5 は本発明の第 5 実施形態に係わる波形測定装置の概略構成を示すブロック図である。図 1 に示した第 1 実施形態の波形測定装置と同一部には同一符号を付して、重複する部分

50

の詳細説明を省略する。

【0066】

この実施形態装置においては、クロック再生器13と位相比較器14との間に分周器28が介挿されている。この分周器28は、クロック再生器13から出力される周波数 $f_a$ を有する電気信号 $a_1$ を周波数信号発生器15から出力される周波数信号 $g$ の周波数に一致させる機能を有する。

【0067】

このように、クロック再生器13と位相比較器14との間に分周器28を設けることによって、周波数信号発生器15から出力される周波数信号 $g$ の周波数を必ずしも被測定信号 $a$ の周波数 $f_a$ に一致させる必要はない。図5の実施形態装置においては、被測定信号 $a$ の周波数 $f_a$ が40GHzで、周波数信号発生器15の周波数信号 $g$ の周波数が $1/4$  ( $n=4$ )の10GHzであるので、分周器28の分周比は4に設定されている。

【0068】

(第6実施形態)

図6は本発明の第6実施形態に係わる波形測定装置の概略構成を示すブロック図である。図3に示した第3実施形態の波形測定装置と同一部には同一符号を付して、重複する部分の詳細説明を省略する。

【0069】

この実施形態装置においては、電圧制御発振器17と位相比較器14との間に通(てい)倍器29が介挿されている。この通(てい)倍器29は電圧制御発振器17から出力される10MHzの基準信号 $e$ の周波数を $N$ 倍( $m=N$ )に通(てい)倍して、位相比較器14へ印加される基準信号 $e$ の周波数をミキサ回路27から位相比較器14へ出力される出力信号 $j$ の周波数に一致させる機能を有する。

【0070】

したがって、制御部16から周波数信号発生器15へ設定する周波数は( $10\text{GHz} + 10\text{MHz}$ )でなくて、 $[10\text{GHz} + (N \times 10)\text{MHz}]$ となり、設定の自由度が上昇する。

【0071】

なお、本発明は上述した各実施形態に限定されるものではない。各実施形態装置においては、被測定信号 $a$ は光信号であると仮定した。しかし、被測定信号 $a$ は通常の電気信号であってもよい。

【0072】

この場合、電界吸収型変調器12への電気入力信号を被測定信号とし、光入力信号をサンプリング信号とすることにより、電気信号のサンプリングも可能である。このとき、サンプリング信号発生回路18は短パルス光源などを用いた光信号を出力する信号発生回路となる。また、電界吸収型変調器12の代りに、図7、図9に示す通常の電気信号に適用されるサンプリング回路1を採用することもできる。

【0073】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の波形測定装置においては、サンプリング信号の繰り返し周波数を得るための周波数信号を周波数信号発生器を用いて生成するとともに、この生成した周波数信号をPLL手法を用いて被測定信号に対して常時位相同期するようにしている。

【0074】

したがって、被測定信号をサンプリングするサンプリング信号の周波数を任意に設定でき、ジッタ発生量を大幅に抑制した状態で、被測定信号の信号波形の測定精度を向上できるとともに、信号波形を任意の分解精度で測定できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態に係わる波形測定装置の概略構成を示すブロック図

【図2】本発明の第2実施形態に係わる波形測定装置の概略構成を示すブロック図

【図3】本発明の第3実施形態に係わる波形測定装置の概略構成を示すブロック図

【図４】本発明の第４実施形態に係わる波形測定装置の概略構成を示すブロック図

【図５】本発明の第５実施形態に係わる波形測定装置の概略構成を示すブロック図

【図６】本発明の第６実施形態に係わる波形測定装置の概略構成を示すブロック図

【図７】被測定信号の信号波形をサンプリング手法を用いて求める原理を説明するための図

【図８】従来の波形測定装置の概略構成を示すブロック図

【図９】別の従来の波形測定装置の概略構成を示すブロック図

【符号の説明】

a ... 被測定信号

b ... サンプリング信号

10

d ... 信号波形

e ... 基準信号

g ... 周波数信号

h ... 位相差信号

1 1 , 2 5 ... 分波器

1 2 ... 電界吸収型変調器

1 3 ... クロック再生器

1 4 ... 位相比較器

1 5 ... 周波数信号発生器

1 6 ... 制御部

20

1 7 ... 電圧制御発振器

1 8 ... サンプリング信号発生回路

1 9 ... 信号発生器

2 0 ... 波形整形回路

2 1 ... 受光器

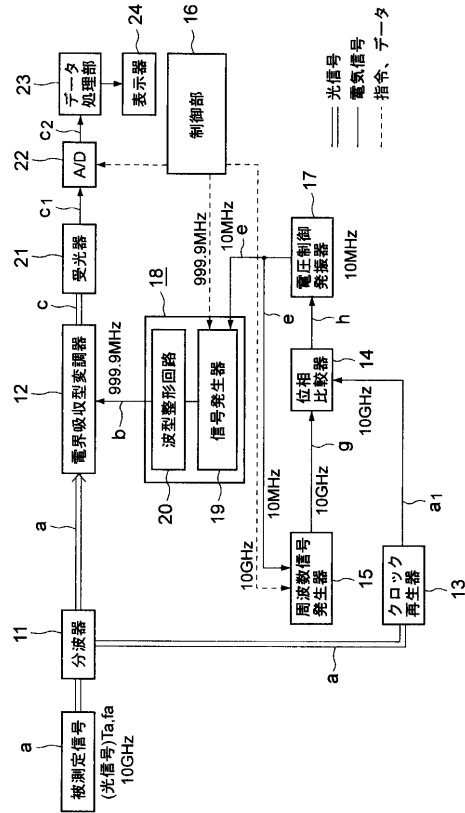
2 3 ... データ処理部

2 4 ... 表示器

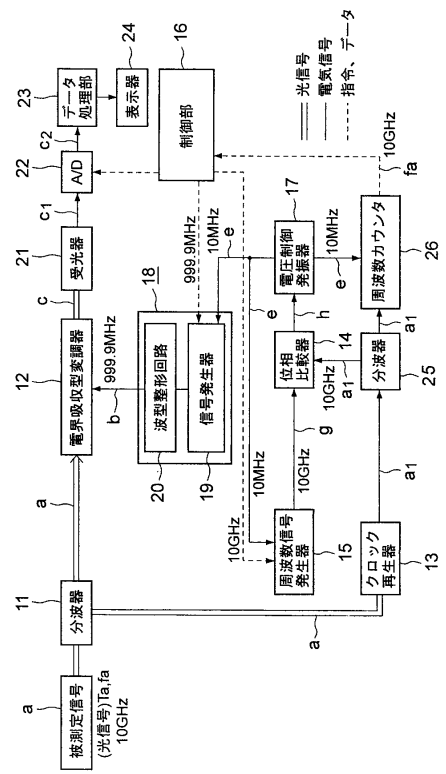
2 6 ... 周波数カウンタ

2 7 ... ミキサ回路

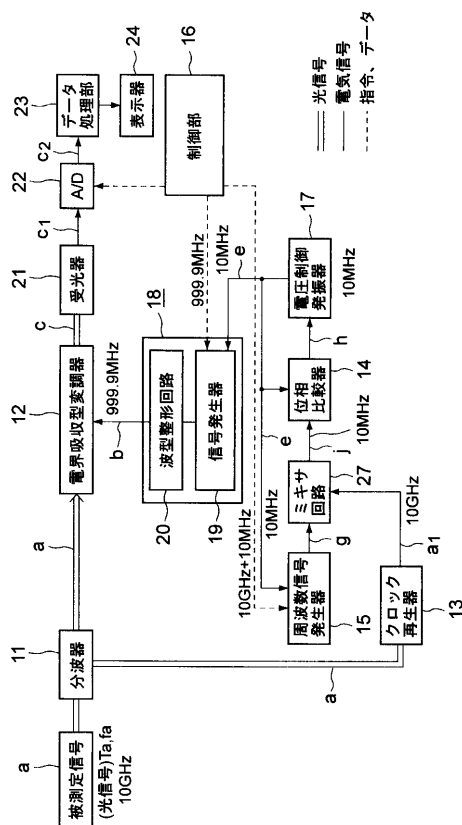
【図 1】



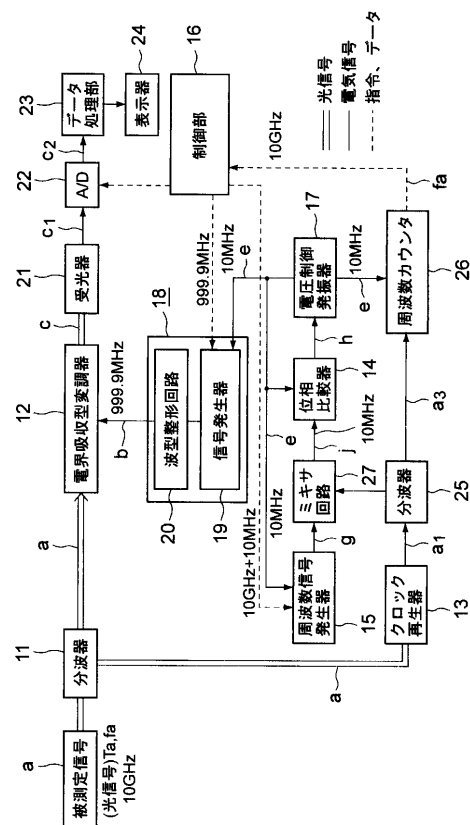
【図 2】



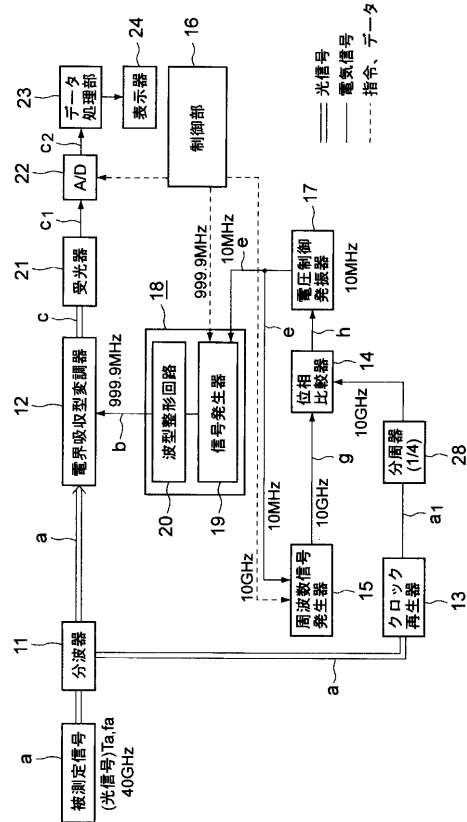
【図 3】



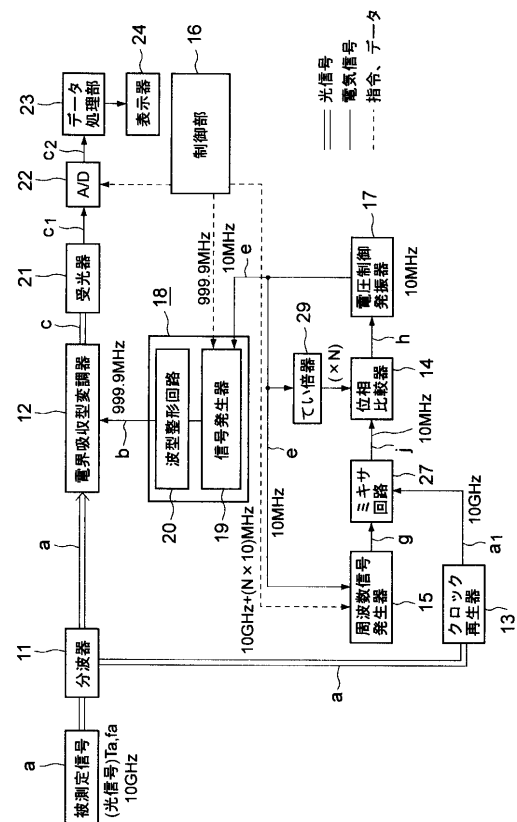
【図 4】



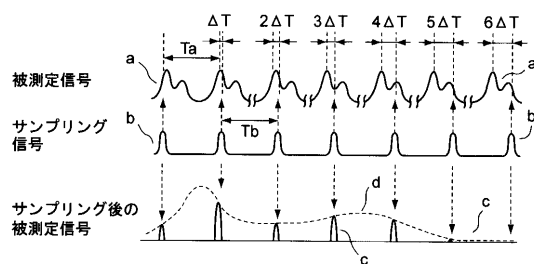
【 図 5 】



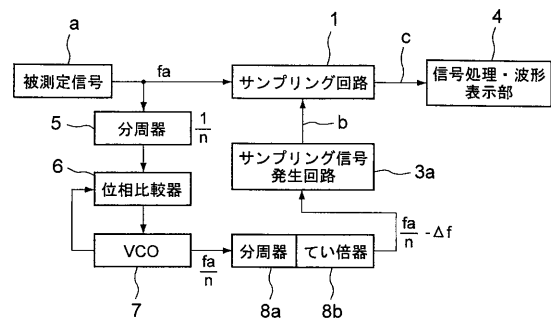
【 図 6 】



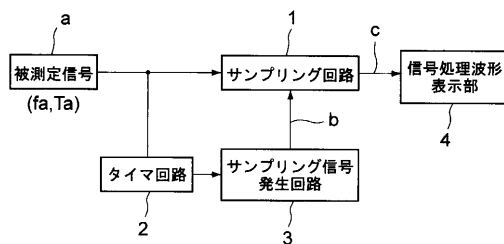
【 図 7 】



【 図 9 】



【圖 8】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 大谷 昭仁  
東京都港区南麻布五丁目10番27号 アンリツ株式会社内
- (72)発明者 渡辺 博人  
東京都港区南麻布五丁目10番27号 アンリツ株式会社内

審査官 藤原 伸二

- (56)参考文献 特開昭54-001667(JP,A)  
特開平11-326065(JP,A)  
特開平09-102776(JP,A)  
特開平09-101208(JP,A)  
特開平08-152361(JP,A)  
特開平07-159247(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01R 13/00-13/34  
G01R 13/40  
G01J 1/00-1/60  
G01J 11/00