

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5224454号  
(P5224454)

(45) 発行日 平成25年7月3日(2013.7.3)

(24) 登録日 平成25年3月22日(2013.3.22)

(51) Int.Cl.	F I
A 6 1 B 5/05 (2006.01)	A 6 1 B 5/05 Z
A 6 1 B 10/00 (2006.01)	A 6 1 B 10/00 T
G O 1 N 22/00 (2006.01)	G O 1 N 22/00 S
	G O 1 N 22/00 U
	G O 1 N 22/00 F

請求項の数 4 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2008-241834 (P2008-241834)	(73) 特許権者 504136568 国立大学法人広島大学 広島県東広島市鏡山1丁目3番2号
(22) 出願日 平成20年9月19日(2008.9.19)	
(65) 公開番号 特開2010-69158 (P2010-69158A)	(74) 代理人 100095407 弁理士 木村 満
(43) 公開日 平成22年4月2日(2010.4.2)	(74) 代理人 100138955 弁理士 末次 涉
審査請求日 平成23年8月5日(2011.8.5)	(74) 代理人 100151873 弁理士 鶴 寛
(出願人による申告)平成20年度、文部科学省、科学技術振興調整費「先端融合領域イノベーション創出拠点の形成 半導体・バイオ融合集積化技術の構築」プロジェクトに係る委託研究、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願	(74) 代理人 100109449 弁理士 毛受 隆典
	(72) 発明者 吉川 公磨 広島県東広島市鏡山1丁目3番2号 国立大学法人広島大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 異常組織検出装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

生体に対して複数のアンテナから順次マイクロ波を放射する放射手段と、  
放射したマイクロ波の反射波を複数のアンテナで受信する受信手段と、  
受信したマイクロ波に基づいて、生体中の異常組織の有無を判別するための信号処理を行う信号処理手段と、を備え、

前記放射手段は、

マイクロ波領域の周波数成分を含むパルス波を生成する手段と、

同じパルス波を繰り返し放射する手段と、を備え、

前記信号処理手段は、

前記放射手段で繰り返し放射され前記受信手段で受信したパルス波をサンプリングタイミングをずらしながら1つのパルス波につき1回ずつサンプリングして記憶するサンプリング手段と、

前記サンプリング手段でサンプリングして取得した波形データに基づいて、マイクロ波の放射からマイクロ波の受信までの時間を求める手段と、

前記複数のアンテナに関して求めた時間から、異常組織の位置を求める手段と、を備える、

ことを特徴とする異常組織検出装置。

【請求項2】

基準クロック信号を生成する基準クロック信号生成手段をさらに備え、

前記放射手段は、前記基準クロック信号生成手段からの基準クロック信号にตอบสนองして、マイクロ波を放射し、

前記サンプリング手段は、

前記基準クロック信号の整数倍の発振周波数を有し、かつ、基準クロック信号に同期する信号を生成する位相同期回路と、

前記位相同期回路の出力に基づいて、前記基準クロック信号の生成から所定時間経過後にタイミングパルスを生成するタイミングパルス生成手段と、

前記タイミングパルス生成手段で生成したタイミングパルスにตอบสนองして、前記受信手段で受信した受信信号をサンプリングする手段と、を備える、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の異常組織検出装置。

10

【請求項 3】

前記サンプリング手段は、

1つの基準クロック信号に1つのタイミングパルスを生成し、

m個の基準クロック信号に対して同一のタイミングパルスを生成して、サンプリングを行う、

ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の異常組織検出装置。

【請求項 4】

前記位相同期回路は、

リング状に結合されたインバータから構成される n 段のリング発振器と、

前記リング発振器の発振信号を 1 / n 分周し、1 / n 分周した信号と基準クロック信号とが同期するように、リング発振器の発振周波数を制御する手段と、

を備える、

ことを特徴とする請求項 2 に記載の異常組織検出装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、生体にマイクロ波を放射して癌等の異常組織を検出する装置に関する。

【背景技術】

【0002】

癌の診断は、例えば、X線や核磁気共鳴装置(MRI(magnetic resonance imaging))により対象部位の画像を撮像し、撮像した画像を分析することによりなされている(例えば、特許文献1)。

30

【0003】

【特許文献1】特表2007-071873号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、X線は、生体に悪影響を与えるという欠点がある。また、X線装置、MRI装置は、いずれも、装置が大型化するという問題がある。さらに、専門機関での受診が必須となるという問題がある

40

【0005】

同様の問題は、癌に限らず、生体内の腫瘍等の異常組織を検出する場合に同様に存在する。

【0006】

本発明は、上述した事情に鑑みてなされたものであり、生体に無害で、小型な構成により癌組織などの異常組織を検出することが可能な装置を提供することを目的とする。

また、本発明は、簡易な構成で簡単に異常組織を検出することが可能な装置を提供することを他の目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

50

本発明の異常組織検出装置は、  
 生体に対して複数のアンテナから順次マイクロ波を放射する放射手段と、  
 放射したマイクロ波の反射波を複数のアンテナで受信する受信手段と、  
 受信したマイクロ波に基づいて、生体中の異常組織の有無を判別するための信号処理を  
 行う信号処理手段と、を備え、

前記放射手段は、

マイクロ波領域の周波数成分を含むパルス波を生成する手段と、

同じパルス波を繰り返し放射する手段と、を備え、

前記信号処理手段は、

前記放射手段で繰り返し放射され前記受信手段で受信したパルス波をサンプリングタイ  
 ミングをずらしながら1つのパルス波につき1回ずつサンプリングして記憶するサンプリ  
 ング手段と、

10

前記サンプリング手段でサンプリングして取得した波形データに基づいて、マイクロ波  
 の放射からマイクロ波の受信までの時間を求める手段と、

前記複数のアンテナに関して求めた時間から、異常組織の位置を求める手段と、を備え  
 る、

ことを特徴とする。

【0010】

例えば、基準クロック信号を生成する基準クロック信号生成手段をさらに備え、前記放  
 射手段は、前記基準クロック信号生成手段からの基準クロック信号にตอบสนองして、マイクロ  
 波を放射し、前記サンプリング手段は、前記基準クロック信号の整数倍の発振周波数を有  
 し、かつ、基準クロック信号に同期する信号を生成する位相同期回路と、前記位相同期回  
 路の出力に基づいて、前記基準クロック信号の生成から所定時間経過後にタイミングパル  
 スを生成するタイミングパルス生成手段と、前記タイミングパルス生成手段で生成したタ  
 イミングパルスにตอบสนองして、前記受信手段で受信した受信信号をサンプリングする手段と  
 、を備えてもよい。

20

【0011】

例えば、前記サンプリング手段は、1つの基準クロック信号に1つのタイミングパルス  
 を生成し、 $m$ 個の基準クロック信号に対して同一のタイミングパルスを生成して、サンプ  
 リングを行う。

30

【0012】

例えば、前記位相同期回路は、リング状に結合されたインバータから構成される $n$ 段の  
 リング発振器と、前記リング発振器の発振信号を $1/n$ 分周し、 $1/n$ 分周した信号と基  
 準クロック信号とが同期するように、リング発振器の発振周波数を制御する手段と、を備  
 える。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

以下、この発明の実施の形態に係る異常組織検出装置及び検出方法を、乳癌を検出する  
 装置を例に、図面を参照しながら説明する。

【0015】

40

まず、本実施の形態において、癌組織を検出する手法について図1を参照して説明する  
 。

【0016】

まず、図1に模式的に示すように、生体表面に複数のアンテナ $A_1 \sim A_4$ を一定間隔で  
 配置する。

【0017】

続いて、アンテナ $A_1$ からマイクロ波を放射する。放射されたマイクロ波の一部は、生  
 体内に伝播する。一般に、癌組織 $CA$ は、通常の生体組織に比して、 $5 \sim 10$ 倍程度の高  
 い誘電率を有することが知られており、癌組織 $CA$ が存在する場合には、誘電率の異なる  
 領域の界面、即ち、癌組織 $CA$ の表面で、マイクロ波が反射され、アンテナ $A_2 \sim A_4$ で

50

受信される。

【0018】

ここで、マイクロ波を放射してからアンテナ  $A_2$  が反射波を受信するまでの時間を  $T_{12}$  [s] とすると、 $T_{12} \cdot c$  ( $c$ : 生体中の光の速度) が、マイクロ波の行程距離となる。

【0019】

従って、癌組織  $CA$  は、アンテナ  $A_1$  と  $A_2$  を焦点とし、アンテナ  $A_1$  と  $A_2$  からの距離の和が  $T_{12} \cdot c$  となる楕円  $E_{12}$  上に位置することになる。

【0020】

アンテナ  $A_3 \sim A_4$  が受信したマイクロ波についても同様の処理を行い、複数の楕円  $E_{12} \sim E_{14}$  の交点を求めることにより、癌組織  $CA$  の位置を求めることができる。

10

【0021】

さらに、送信用のアンテナを  $A_2$  に切り替えて、アンテナ  $A_2$  からマイクロ波を放射し、これをアンテナ  $A_1, A_3, A_4$  で受信して、同様の処理を行い、以後、送信アンテナを  $A_3, A_4$  に順次切り替えながら、マイクロ波を放射し、他のアンテナで反射波を受信し、同様の処理を行うことにより、癌組織  $CA$  の位置をより正確に特定することが可能となる。

【0022】

なお、上述の例では、理解を容易にするため、二次元で説明したが、実際は、三次元で上述の処理を行うことになる。

20

【0023】

次に、このような手法を用いて、癌組織の有無及び位置を判別する癌検出装置 10 について、説明する。

【0024】

癌検出装置 10 は、図 2 に示すように、本体 11 と、表示装置 12 とから構成され、例えば、縦 10 ~ 20 cm、横 5 ~ 15 cm、厚さ 2 ~ 4 cm 程度の携帯型に構成されている。

【0025】

本体 11 には、図 3 に示すように、アンテナアレー 13 と、信号処理回路 14 とが積層配置されている。

30

【0026】

アンテナアレー 13 は、図 4 に模式的に示すように、マトリクス状に配置されたアンテナ  $A_1 \sim A_n$  のアレーから構成されている。

【0027】

信号処理回路 14 は、図 5 に示すように、基準クロック信号生成回路 21 と、UWB 送信機 22 と、送信アンテナセクタ 23 と、受信アンテナセクタ 24 と、低雑音増幅器 (LNA) 25 と、A/D コンバータ 26 と、制御部 27 と、メモリ 28 とから構成されている。

【0028】

基準クロック信号生成回路 21 は、図 8 (a) に示すような、所定周期 (本実施形態では、125 MHz) のクロック信号 CLK を生成する。

40

【0029】

UWB (Ultra Wide Band) 送信機 22 は、マイクロ波帯 (例えば、中心周波数 5 GHz) において、広帯域信号である UWB パルス波形を形成し、これを送信する回路であり、図 6 に示すように、三角波生成回路 31 と、微分回路 32 と、増幅器 33 とから構成される。

【0030】

三角波生成回路 31 は、図 7 に示すように、アンドゲート 41、42、43 と、インバータ 44、45、46 と、排他的論理和ゲート (EXOR ゲート) 47 と、から構成される。

50

## 【 0 0 3 1 】

アンドゲート 4 1 と 4 2 の一方の入力端子には、イネーブル信号 E N が供給される。

一方、アンドゲート 4 1 の他方の入力端子には、基準クロック信号生成回路 2 1 からの基準クロック信号 C L K が供給される。アンドゲート 4 2 の他方の入力端子には、基準クロック信号 C L K の反転信号  $\overline{C L K}$  (バー) が、インバータ 4 4 を介して供給される。アンドゲート 4 1 の出力は、E X O R ゲート 4 7 の一方の入力端とアンドゲート 4 3 の一方の入力端に供給される。アンドゲート 4 2 の出力は、インバータ 4 5 , 4 6 を介して、一定時間遅延して、E X O R ゲート 4 7 の他方の入力端子に供給される。

## 【 0 0 3 2 】

このような構成において、アクティブレベルのイネーブル信号 E N が供給されると、アンドゲート 4 1、4 2 が開く。これにより、図 8 ( a ) に示すように、基準クロック信号 C L K がクロック信号 C l o c k として E X O R ゲート 4 7 の一方の入力端子に供給される。また、図 8 ( b ) に示すように、反転クロック信号  $\overline{C L K}$  の遅延信号 C l o c k \_ d が E X O R ゲート 4 7 の他方の入力端子に供給される。

10

## 【 0 0 3 3 】

E X O R ゲート 4 7 は、入力信号の E X O R を取り、図 8 ( c ) に示すように、2 つのパルスの列を含むパルス信号 E X を出力する。このパルス信号 E X に含まれるパルスは、E X O R ゲート 4 7 の立ち上がり特性及び立ち下がり特性のため、波形が三角形状となる。

## 【 0 0 3 4 】

アンドゲート 4 3 は、E X O R ゲート 4 7 が生成したパルス信号とクロック信号 C l o c k との論理積を取り、2 つのパルスの後半のパルスをカットして、図 8 ( d ) に示す三角波信号 T R を生成し、微分回路 3 2 に出力する。

20

## 【 0 0 3 5 】

図 6 に示す微分回路 3 2 は、三角波生成回路 3 1 から供給された三角波信号 T R を微分することにより、図 9 に例示するように、広帯域のマイクロ波成分 (例えば、中心周波数 5 G H z ) を含み、一階微分されたガウス分布に相当する波形を有するパルス波を生成する。

増幅器 3 3 は、生成されたパルス波を、増幅して出力する。

## 【 0 0 3 6 】

図 5 に示す送信アンテナセクタ 2 3 は、制御部 2 7 によって制御され、アンテナアレー 1 3 を構成するアンテナ  $A_1 \sim A_n$  のうち送信に使用するいずれかのアンテナ  $A_i$  を選択し、増幅器 3 3 からのパルス波を供給する。選択されたアンテナ  $A_i$  は、供給されたパルス波を放射する。

30

## 【 0 0 3 7 】

基準クロック信号生成回路 2 1 で基準クロック信号 C L K が生成される度に、パルス波が生成されるため、アンテナ  $A_i$  は、図 1 0 に示すように、周期的にパルス波を放射する。

## 【 0 0 3 8 】

受信アンテナセクタ 2 4 は、制御部 2 7 によって制御され、アンテナアレー 1 3 を構成するアンテナ  $A_1 \sim A_n$  のいずれかのうち受信に使用するアンテナ  $A_j$  (  $j \neq i$  ) を選択し、その受信信号を L N A 2 5 に供給する。

40

L N A 2 5 は、受信アンテナセクタ 2 4 を介して供給されたアンテナ  $A_j$  の受信信号を低ノイズで増幅する。

## 【 0 0 3 9 】

A / D コンバータ 2 6 は、L N A 2 5 の出力をサンプリングし、A / D 変換する。

制御部 2 7 は、プロセッサ等から構成され、信号処理回路 1 4 の動作を制御する。また、制御部 2 7 は、A / D コンバータ 2 6 の出力を、メモリ 2 8 に格納する。また、制御部 2 7 は、メモリ 2 8 に格納されたデータを処理して、癌組織の有無、存在する場合には、その位置を特定し、表示装置 1 2 に表示する。

50

なお、表示装置 1 2 をタッチパネルで構成し、制御部 2 7 に任意の指示やデータを入力できるようにしてもよい。また、別途、入力部を配置してもよい。外部接続端子を配置する等してもよい。

【 0 0 4 0 】

上述の構成において、送信パルスの繰り返し周期は 1 2 5 M H z であり、1 周期は 8 n s である。

中心周波数 5 G H z のパルスは 2 0 0 p s のパルス幅を有する。この間に、複数のサンプルタイミングを設定して、入力信号を実時間で A / D 変換することは、困難である。

そこで、本実施形態においては、図 1 1 , 1 2 に示すような A / D コンバータ 2 6 を構成し、1 パルス波について 1 回のサンプリングを行い、パルス波を繰り返して出力し、サンプリングタイミングを相対的に移動することにより、複数点のサンプリングを可能とする。

10

【 0 0 4 1 】

A / D コンバータ 2 6 は、図 1 1 に示すタイミング生成回路 4 1 と、図 1 2 に示す変換回路 4 2 とから構成される。

【 0 0 4 2 】

タイミング生成回路 4 1 は、図 1 1 に示すように、バッファ回路 1 0 1 と、位相周波数比較器 ( P F D ) 1 0 2 と、インバータ 1 0 3 と、チャージポンプ ( C P ) 1 0 4 と、ローパスフィルタ ( L P F ) 1 0 5 と、リング発振器 1 0 6 と、8 入力 1 出力のマルチプレクサ 1 0 7 と、2 入力 1 出力のマルチプレクサ 1 0 8 と、分周回路 1 0 9 ~ 1 1 4 から構成される。

20

【 0 0 4 3 】

バッファ回路 1 0 1 には、基準クロック信号生成回路 2 1 より基準クロック信号 C L K が供給される。バッファ回路 1 0 1 は、供給された基準クロック信号 C L K をユニティ・ゲインで増幅して出力する。

【 0 0 4 4 】

P F D 1 0 2 は、リング発振器 1 0 6 の発振信号を 1 / 1 6 分周した信号とバッファ回路 1 0 1 を介して供給される基準クロック信号 C L K との位相を比較し、比較結果を示す信号を出力する。例えば、P F D 1 0 2 は、バッファ回路 1 0 1 から供給される受信信号の方が位相が進んでいれば、Q A 端子に " 1 " を出力し、遅れていれば、Q B 端子に " 1 " を出力する。

30

【 0 0 4 5 】

インバータ 1 0 3 は、P F D 1 0 2 の Q A 出力を反転して Q A ( バー ) を出力する。

【 0 0 4 6 】

チャージポンプ ( C P ) 1 0 4 は、Q A が " 1 " ならば、電流ソースとしてローパスフィルタ 1 0 5 を充電し、Q B が " 1 " ならば、電流シンクとして、ローパスフィルタ 1 0 5 を放電する。

【 0 0 4 7 】

ローパスフィルタ 1 0 5 は、充電された電荷にほぼ比例する電位を発生する。この電位は、制御電圧としてリング発振器 1 0 6 に入力される。

40

【 0 0 4 8 】

リング発振器 1 0 6 は、リング状に接続された 8 段のインバータ I 1 ~ I 8 から構成された実効的に 1 6 段のリング発振器であり、2 G H z で発振動作を行う。各インバータ I 1 ~ I 8 の Q 出力と Q ( バー ) 出力との対 I 1 Q , I 1 Q ( バー ) ~ I 8 Q , I 8 Q ( バー ) とは、図 1 3 に示すようになる。

【 0 0 4 9 】

マルチプレクサ 1 0 7 は、分周回路 1 1 0 ~ 1 1 2 の出力に基づいて、リング発振器 1 0 6 を構成する 8 つのインバータ I 1 ~ I 8 の 1 対の出力信号を選択して出力する。

【 0 0 5 0 】

マルチプレクサ 1 0 8 は、分周回路 1 1 3 の出力に基づいて、マルチプレクサ 1 0 7 が

50

出力する一対の出力信号をフリップする、しないを選択する。

【 0 0 5 1 】

分周回路 1 0 9 は、リング発振器 1 0 6 の一対の発振信号をそれぞれ 1 / 1 6 分周して分周回路 1 1 0 に出力する。また、分周回路 1 0 9 の Q 出力は、P F D 1 0 2 に供給される。

【 0 0 5 2 】

分周回路 1 1 0 は、分周回路 1 0 9 の一対の出力信号をそれぞれ 1 / 6 4 分周して分周回路 1 1 1 とマルチプレクサ 1 0 7 に出力する。

分周回路 1 1 1 は、分周回路 1 1 0 の一対の出力信号をそれぞれ 1 / 2 分周して分周回路 1 1 2 とマルチプレクサ 1 0 7 に出力する。

分周回路 1 1 2 は、分周回路 1 1 1 の一対の出力信号をそれぞれ 1 / 2 分周して分周回路 1 1 3 とマルチプレクサ 1 0 7 に出力する。

分周回路 1 1 3 は、分周回路 1 1 2 の一対の出力信号をそれぞれ 1 / 2 分周して、マルチプレクサ 1 0 8 に供給する。

【 0 0 5 3 】

分周回路 1 1 4 は、マルチプレクサ 1 0 8 の一対の出力信号を 1 / 1 6 分周して、変換回路 4 2 に供給する。

【 0 0 5 4 】

この構成によれば、基準クロック信号生成回路 2 1 からの 1 2 5 M H z の基準クロック信号 C L K と、リング発振器 1 0 6 の 1 / 1 6 分周された信号とが、P F D 1 0 2 で比較されており、リング発振器 1 0 6 のインバータ I 1 の Q 出力は、基準クロック信号 C L K に同期すると共に基準クロック信号 C L K の 1 6 倍の周波数、すなわち、2 G H z で発振する。

【 0 0 5 5 】

マルチプレクサ 1 0 7 と 1 0 8 は、分周回路 1 1 0 ~ 1 1 3 の出力に従って、図 1 3 に示すインバータ I 1 の Q、Q 出力を 3 2 回、I 8 の Q、Q 出力を 3 2 回、I 7 の Q、Q 出力を 3 2 回、. . .、I 2 の Q、Q 出力を 3 2 回、I 1 の Q、Q 出力を 3 2 回、I 8 の Q、Q 出力を 3 2 回、. . . というように、リング発振器 1 0 6 の単位時間ずつ遅れた信号を選択していく。

【 0 0 5 6 】

分周回路 1 1 4 は、マルチプレクサ 1 0 8 の出力信号を 1 / 1 6 分周する。この信号は、基準クロック信号 C L K の出力に同期した信号、基準クロック信号 C L K から単位時間遅れた信号、2 単位時間遅れた信号、. . . 1 5 単位時間遅れた信号となる。

【 0 0 5 7 】

一方、変換回路 4 2 は、図 1 2 に示すように、分圧回路 1 2 1 と、比較器群 1 2 2 と、エンコーダ 1 2 3 と、平均化回路 1 2 4 とから構成される。

【 0 0 5 8 】

分圧回路 1 2 1 は、直列接続された 6 4 個の抵抗素子から構成され、基準電圧 + V r e f と - V r e f との間を、6 4 段階に分圧する。

比較器群 1 2 2 を構成する各比較器は、分圧回路 1 2 1 により分圧された電圧の 1 つと、入力電圧 V i n とを受け、クロック に応答して、両電圧を比較し、(バー) に応答して、比較結果を出力する。

【 0 0 5 9 】

エンコーダ 1 2 3 は、比較器群 1 2 2 の出力をエンコードする。

平均化回路 1 2 4 は、複数の測定値を平均化して出力する。

【 0 0 6 0 】

次に、上記構成の癌検出装置 1 0 の動作を説明する。

基準クロック信号生成回路 2 1 は、1 2 5 M H z の基準クロック信号 C L K とその反転信号 C L K を、図 8 ( a ) に示すように出力する。

【 0 0 6 1 】

10

20

30

40

50

UWB送信機22内の三角波生成回路31は、基準クロック信号CLKを処理し、図8(d)に示すように、繰り返し周期が125MHzの三角波信号TRを出力する。

【0062】

微分回路32は、三角波信号TRを微分し、図10に示すような、一階微分されたガウス波形を有するパルス信号を、125MHzの繰り返し周期で出力する。増幅器33は、供給された信号を増幅して出力する。

【0063】

一方、制御部27は、図14の処理を開始し、まず、送信アンテナセクタ23と受信アンテナセクタ24を切り替えて、送信アンテナ $A_i$ としてアンテナ $A_1$ を選択し、受信アンテナ $A_j$  ( $i = j$ )としてアンテナ $A_2$ を選択する(ステップS11~S13)。

10

【0064】

選択されたアンテナ $A_1$ は、UWB送信機22からパルス波が供給されると、これを放射する(ステップS14)。

【0065】

放射されたパルスは、図1を参照して説明したように、生体表面を伝播すると共に生体内に伝播し、癌組織が存在する場合には、癌組織との境界面で反射し、アンテナ $A_2$ に到達する。アンテナ $A_2$ はこれらのマイクロ波を受信し、受信アンテナセクタ24を介してLNA25に供給され、増幅されて、A/Dコンバータ26に供給され、図12に示す変換回路42の入力 $V_{in}$ となる(ステップS14)。

【0066】

20

一方、A/Dコンバータ26のタイミング生成回路41には、基準クロック信号生成回路21からの基準クロック信号CLKが供給されており、リング発振器106の発振信号は、基準クロック信号CLKに同期すると共に16倍の周波数(すなわち、2GHz)で発振する状態にロックしている。

【0067】

マルチプレクサ107は、分周回路110~112の出力に従って、当初は、インバータI1の一对の出力を選択する。また、マルチプレクサ108は、分周回路113の出力に従って、インバータI1のQ、 $\bar{Q}$ 出力を選択する。

【0068】

インバータI1のQ、 $\bar{Q}$ 出力は、基準クロック信号CLKに同期し、かつ、基準クロック信号CLKの16倍の周波数を有する信号である。

30

【0069】

分周回路114は、これを1/16分周して、タイミング信号とその反転信号を生成し、比較器群122に出力する。タイミング信号、 $\bar{\text{信号}}$ は、基準クロック信号CLKに同期し、周期が基準クロック信号CLKに等しい信号である。

【0070】

比較器群122は、タイミング信号及び $\bar{\text{信号}}$ にตอบสนองし、LNA25から供給された受信信号の電圧 $V_{in}$ と分圧回路121から供給される基準電圧とを比較し、入力信号の電圧 $V_{in}$ の方が大きければ"1"を、電圧 $V_{in}$ が基準電圧よりも低ければ"0"をそれぞれ出力する。

40

【0071】

エンコーダ123は、比較器群122の出力を取り込み、これをエンコードして、平均化回路124に供給する。平均化回路124は、これを記憶する。

こうして、第1の基準クロック信号CLKの出力にตอบสนองして、パルス波が放射されると共に基準クロック信号CLKに同期したタイミングで、アンテナ $A_2$ の受信信号のサンプリングが行われる。

【0072】

続いて、31回同様の動作が実行され、送信アンテナ $A_1$ からパルス波が放射される度に、アンテナ $A_2$ の受信信号の電圧 $V_{in}$ が、基準クロック信号CLKに同期したタイミングでサンプルされる(ステップS14)。

50



## 【 0 0 7 3 】

平均化回路 1 2 4 は、エンコーダ 1 2 3 から順次出力されるエンコーダの出力を取り込むと共に平均化する（ステップ S 1 4）。

## 【 0 0 7 4 】

3 2 回のサンプリングが終了すると、制御部 2 7 は、平均化回路 1 2 4 の記憶値を  $t = 0$  時点（基準クロック信号 CLK の出力時点）の受信信号のサンプリング値としてメモリ 2 8 に格納する（ステップ S 1 4）。

## 【 0 0 7 5 】

続いて、マルチプレクサ 1 0 7 は、分周回路 1 1 0 ~ 1 1 2 の出力に従って、インバータ I 8 の出力対を選択する。さらに、マルチプレクサ 1 0 8 は、分周回路 1 1 3 の出力に従って、インバータ I 8 の Q<sub>1</sub>、Q<sub>2</sub> 出力を選択する。

10

## 【 0 0 7 6 】

図 1 3 に示すように、インバータ I 8 の Q<sub>1</sub> 出力は、基準クロック信号 CLK よりも、1 基準時間（すなわち、 $500 \text{ ps} (2 \text{ GHz}) / 8 / 2 = 31.25 \text{ ps}$ ）だけ遅延した信号であり、かつ、基準クロック信号 CLK の 1 6 倍の周波数を有する信号である。

## 【 0 0 7 7 】

分周回路 1 1 4 は、これを 1 / 1 6 分周して出力して、タイミング信号  $\phi$  とその反転信号  $\bar{\phi}$  を生成し、比較器群 1 2 2 に出力する。

## 【 0 0 7 8 】

比較器群 1 2 2 は、クロック信号  $\phi$  及び  $\bar{\phi}$  に応答し、LNA 2 5 から供給された受信信号の電圧  $V_{in}$  と分圧回路 1 2 1 から供給される基準電圧とを比較し、電圧  $V_{in}$  の方が大きければ " 1 " を、電圧  $V_{in}$  の方が低ければ " 0 " をそれぞれ出力する。

20

## 【 0 0 7 9 】

エンコーダ 1 2 3 は、比較器群 1 2 2 の出力を取り込み、エンコードして、平均化回路 1 2 4 に供給する。

## 【 0 0 8 0 】

続いて、3 1 回同様の動作が実行され、基準クロック信号 CLK に応答して送信アンテナ  $A_1$  から放射される度に、基準クロック信号 CLK から  $31.25 \text{ ps}$  シフトしたサンプリング点で、受信アンテナ  $A_2$  の受信信号の電圧  $V_{in}$  がサンプルされ、エンコードされる。

30

## 【 0 0 8 1 】

平均化回路 1 2 4 は、順次出力されるエンコーダ 1 2 3 の出力を取り込むと共に平均化する。3 2 回のサンプリングが終了すると、制御部 2 7 は、平均化回路 1 2 4 の記憶値を  $t = 31.25 \text{ ps}$  時点（基準クロック信号 CLK の出力から  $31.25 \text{ ps}$  経過時点）の受信信号のサンプリング値としてメモリ 2 8 に格納する（ステップ S 1 4）。

## 【 0 0 8 2 】

以後、マルチプレクサ 1 0 8 と 1 0 7 は、インバータ I 7 の Q<sub>1</sub>、Q<sub>2</sub> 出力 インバータ I 6 の Q<sub>1</sub>、Q<sub>2</sub> 出力 インバータ I 5 の Q<sub>1</sub>、Q<sub>2</sub> 出力 インバータ I 4 の Q<sub>1</sub>、Q<sub>2</sub> 出力 インバータ I 3 の Q<sub>1</sub>、Q<sub>2</sub> 出力 インバータ I 2 の Q<sub>1</sub>、Q<sub>2</sub> 出力 インバータ I 1 の Q<sub>1</sub>、Q<sub>2</sub> 出力 インバータ I 8 の Q<sub>1</sub>、Q<sub>2</sub> 出力 インバータ I 7 の Q<sub>1</sub>、Q<sub>2</sub> 出力 インバータ I 6 の Q<sub>1</sub>、Q<sub>2</sub> 出力 インバータ I 5 の Q<sub>1</sub>、Q<sub>2</sub> 出力 インバータ I 4 の Q<sub>1</sub>、Q<sub>2</sub> 出力 インバータ I 3 の Q<sub>1</sub>、Q<sub>2</sub> 出力 インバータ I 2 の Q<sub>1</sub>、Q<sub>2</sub> 出力、をそれぞれ 3 2 回ずつ選択し、分周回路 1 1 4 は、これらを 1 / 1 6 分周し、比較器群 1 2 2 に出力する。

40

## 【 0 0 8 3 】

比較器群 1 2 2、エンコーダ 1 2 3、平均化回路 1 2 4 は、基準クロック信号 CLK の出力から  $t = 62.5 \text{ ps} (31.25 \times 2)$  経過時点の、アンテナ  $A_2$  の受信信号の電圧  $V_{in}$  のサンプリングを 3 2 回行ってその平均値を求め、基準クロック信号 CLK の出力から  $t = 93.75 \text{ ps} (31.25 \times 3)$  経過時点の、アンテナ  $A_2$  の受信信号の電圧  $V_{in}$  のサンプリングを 3 2 回行ってその平均値を求め、．．．、基準パルスの出力から  $t = 468.25 \text{ ps} (31.25 \times 15)$  経過時点の、アンテナ  $A_2$  の受信信号の

50

電圧  $V_{in}$  のサンプリングを 32 回行ってその平均値を求める。

【0084】

$t = 500 \text{ ps} (31.25 \times 16)$  で、インバータ  $I_1$  の  $Q$ 、 $\bar{Q}$  が再び選択され、マルチプレクサ 107、108 の出力は一周する。しかし、 $1/16$  分周された  $125 \text{ MHz} = 8 \text{ ns}$  のタイミング信号、 $t$  にとっては、 $500 \text{ ps}$  は  $1/16$  周期分回ったに過ぎず、以降 15 回、上述のインバータ  $I_1$  の  $Q$ 、 $\bar{Q}$  出力を 32 回、 $\dots$ 、 $I_2$  の  $Q$ 、 $\bar{Q}$  出力を 32 回、 $I_1$  の  $Q$ 、 $\bar{Q}$  出力を 32 回、 $\dots$ 、 $I_2$  の  $Q$ 、 $\bar{Q}$  出力を 32 回ずつ選択し、受信信号の電圧  $V_{in}$  を 32 回ずつサンプリング・エンコードして、平均化するという動作を繰り返す (ステップ S14)。

【0085】

以上で、送信アンテナ  $A_1$  と受信アンテナ  $A_2$  の組み合わせによる、検出処理が終了し、図 15 (a)、(b) に例示するように、サンプリング値がメモリ 28 に格納される (ステップ S14)。

【0086】

さらに、図 14 のステップ S15 で、 $j = n$  と判別され (ステップ S15; No)、 $j$  が +1 されて 3 に更新され、受信アンテナ  $A_j$  が  $A_3$  となる (ステップ S16)。続いて、処理は、ステップ S12 にリターンして、以後同様の動作が繰り返される。

【0087】

アンテナ  $A_i$  を除く全てのアンテナでの受信が終了すると、ステップ S15 で  $j = n$  と判別され (ステップ S15; Yes)、次に、 $i = n$  か否かが判別される (ステップ S17)。当初は、 $i = n$  であり (ステップ S17; No)、 $i$  と  $j$  を更新し (ステップ S18)、ステップ S12 にリターンし、新たなアンテナ  $A_i$  からパルス波を放射し、他のアンテナ  $A_j$  で受信・記録する処理が繰り返される。

【0088】

このようにして、送信アンテナ  $A_i$  と受信アンテナ  $A_j$  を順次切り替えながら、放射、受信、記録の処理を行って、アンテナ  $A_n$  からパルス波を放射し、アンテナ  $A_{n-1}$  で受信する処理が終了すると、ステップ S15 及びステップ S17 で Yes と判別され、処理が終了する。

【0089】

このようにして、本実施の形態に係る癌組織検出装置 10 においては、小型軽量の装置で、かつ、生体に悪影響を与えずに、癌組織を検出可能である。

【0090】

また、超高速でのサンプリングが必要とされる癌検出装置 10 において、パルス波を周期的に放射し、逐次的に相対位置をずらしつつサンプリングを繰り返すことにより、等価的に高いサンプリングレートを得ることができる。

【0091】

さらに、平均化回路によって、32 回の測定値の平均値をとるので、クロックジッタからくる誤差を低減することができる。

【0092】

このようにしてメモリ 28 に格納したデータをどのように処理するかは任意である。

例えば、図 16 (a) に概略を示す波形データがサンプルされた場合には、図 16 (b) に示すように生体表面を伝播したパルスの影響を除去し、次に、基準クロック信号 CLK の出力から反射波を受信するまでの時間  $T$  を求め、この時間を距離に換算し、条件を満たす楕円球を求める処理を行い、複数のデータから得られた楕円球の交点を求めて、癌組織の位置を特定すればよい。

この処理は、制御部 27 自身が行ってもよく、或いは、メモリ 28 に蓄積されたデータを用いて、他の装置で実行してもよい。

【0093】

なお、この発明は、上記実施の形態に限定されず、種々の変形及び応用が可能である。例えば、例示したハードウェアは、例示であり、他の任意の構成を採用可能である。例

10

20

30

40

50

えば、癌検出装置 1 0 の外観や、回路やアンテナの配置などは任意に変更可能である。

【 0 0 9 4 】

また、回路構成も、同様の機能を実現できるならば、任意に変更可能である。例えば、基準クロック信号 C L K の繰り返し周期を 1 2 5 M H z としたが、5 0 M H z 程度から 4 0 0 M H z 程度まで、適宜変更可能である。

【 0 0 9 5 】

また、上記実施の形態では、等価的なサンプリングレートを 3 1 . 2 5 p s ( 3 2 G H z ) とするため、タイミング生成回路 4 1 の 2 G H z 発振周波数をもつリング発振器 1 0 6 を実効的に 1 6 段のインバータから構成した。サンプリングレートは、3 2 G H z に限定されず、任意である。この場合、リング発振器 1 0 6 を構成するインバータの実効的な段数及びリング発振器の発信周波数をサンプリングレートに合わせて調整する。

10

【 0 0 9 6 】

また、ノイズ、ジッタなどを考慮し、変換回路 4 2 として、相対的に同一のタイミングで受信した信号を 3 2 回サンプリングし、その出力を平均化する構成の例を示したが、例えば、コンパレータ群 1 2 2 を構成する各コンパレータの出力を複数回モニタし、多数決でその出力を確定することにより、ジッタの影響などを排除してもよい。同様に、エンコーダ 1 2 3 の各出力を複数回モニタし、多数決でその出力を確定するようにしてもよい。その他、ノイズやジッタの影響を除去するための任意の手法を採用可能である。

【 0 0 9 7 】

同一のデータを繰り返して取得する回数も 3 2 回に限定されず、1 6 回、6 4 回など、適宜設定可能である。この場合、その回数にあわせて、分周回路 1 1 0 ~ 1 1 3 の設定を変更する。

20

【 0 0 9 8 】

上記実施の形態においては、受信アンテナセクタ 2 4 で 1 つのアンテナを選択して、選択したアンテナで放射波を受信する例を示したが、L N A 2 5 と A / D コンバータ 2 6 とを m ( 複数 ) 個用意し、受信アンテナセクタ 2 4 で複数のアンテナを選択し、並行して送信波を受信し、処理してもよい。

【 0 0 9 9 】

また、リング発振器 1 0 6 を使用する例に限定されず、基準クロック信号 C L K に対してタイミングのずれた複数の信号を生成する他の任意の構成の発振器を使用することが可能である。

30

【 0 1 0 0 】

さらに、発振器を使用する例に限定されず、基準クロック信号 C L K を複数の遅延線で順次遅延させて、サンプリングのタイミングとする等してもよい。

上記実施の形態においては、U W B 信号のパルス波を生成して送信したが、送信信号と受信信号との間で相関が確保できるならば、送信する信号の波形は任意である。

【 0 1 0 1 】

検出の対象として、乳癌を例示したが、この発明は、他の癌、任意の腫瘍、等、生体内の誘電率の異なる領域の検出・判別に応用可能である。

【産業上の利用可能性】

40

【 0 1 0 2 】

本発明は、癌等の異常組織を、簡易な装置と方法等で検出することに利用可能である。

【図面の簡単な説明】

【 0 1 0 3 】

【図 1】癌組織を検出する手法を説明するための図である。

【図 2】実施の形態に係る癌検出装置の外観を示す図である。

【図 3】実施の形態に係る癌検出装置の内部の構成を示す図である。

【図 4】アンテナの配置の例を示す図である。

【図 5】送受信回路の構成例を示すブロック図である。

【図 6】U W B 送信機の構成例を示すブロック図である。

50

【図 7】三角波生成回路の構成例を示すブロック図である。

【図 8】( a ) ~ ( d ) は、各部の信号波形を示す図である。

【図 9】一階微分ガウス波形の周波数スペクトルの一例を示す図である。

【図 10】実際の送信波形の一例を示す図である。

【図 11】タイミング生成回路の構成例を示すブロック図である。

【図 12】変換回路の構成例を示すブロック図である。

【図 13】リング発振器の波形図である。

【図 14】動作を説明するためのフローチャートである。

【図 15】( a ) と ( b ) は、サンプリングされたデータの例を示す図である。

【図 16】取得したデータの一例を示す図である。

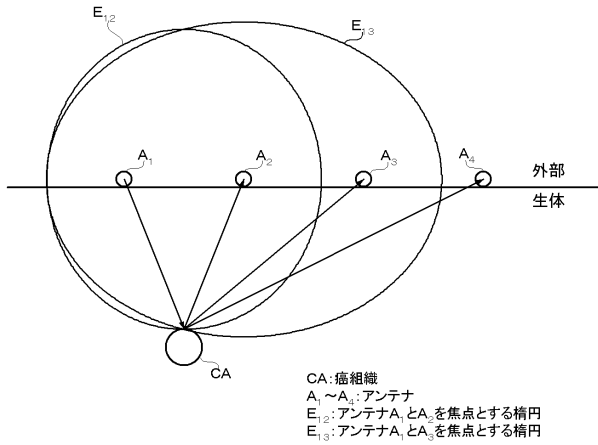
10

【符号の説明】

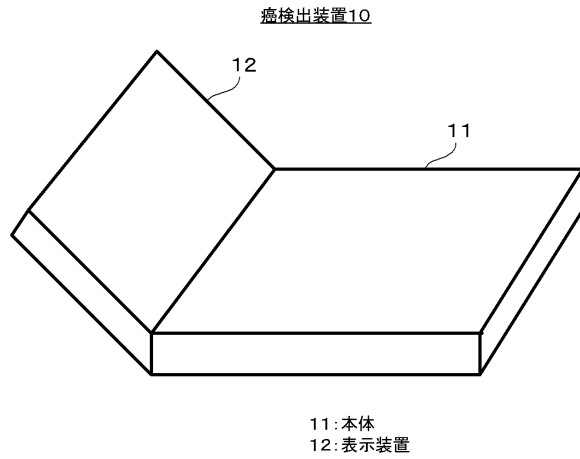
【 0 1 0 4 】

1 0	癌検出装置	
1 1	本体	
1 2	表示装置	
1 3	アンテナアレー	
1 4	信号処理回路	
2 1	基準クロック信号生成回路	
2 2	U W B 送信機	
2 3	送信アンテナセレクタ	20
2 4	受信アンテナセレクタ	
2 5	低雑音増幅器 ( L N A )	
2 6	A / D コンバータ	
2 7	制御部	
2 8	メモリ	
3 1	三角波生成回路	
3 2	微分回路	
3 3	増幅器	
4 1	タイミング生成回路	
4 2	変換回路	30
1 0 1	バッファ回路	
1 0 2	位相周波数比較器 ( P F D )	
1 0 4	チャージポンプ ( C P )	
1 0 5	ローパスフィルタ ( L P F )	
1 0 6	リング発振器	
1 0 7、1 0 8	マルチプレクサ	
1 0 9 ~ 1 1 4	分周回路	
1 2 1	分圧回路	
1 2 2	比較器群	
1 2 3	エンコーダ	40
1 2 4	平均化回路	

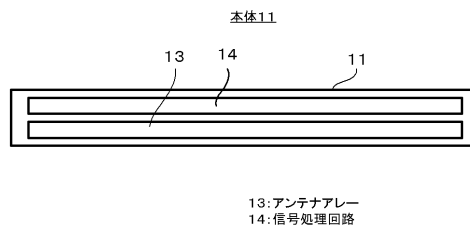
【図1】



【図2】

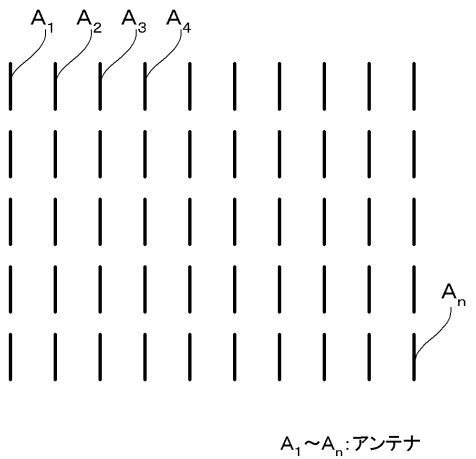


【図3】



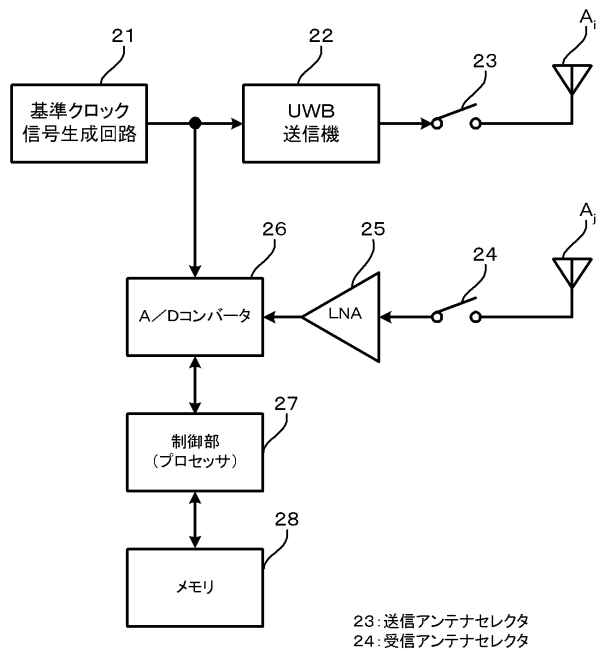
【図4】

アンテナアレー13

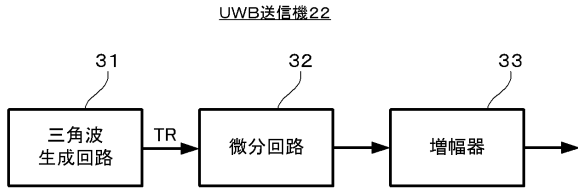


【図5】

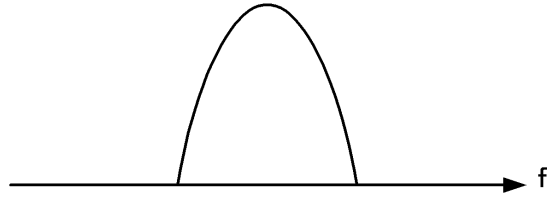
信号処理回路14



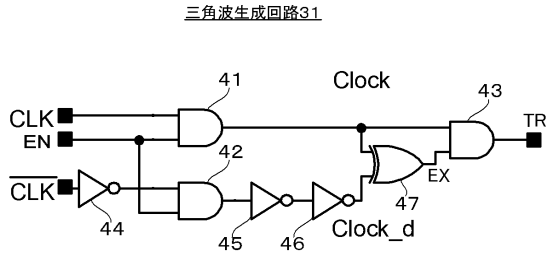
【図6】



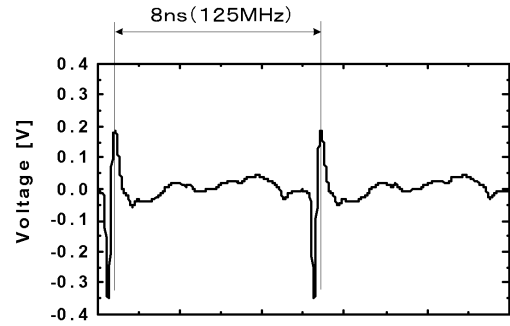
【図9】



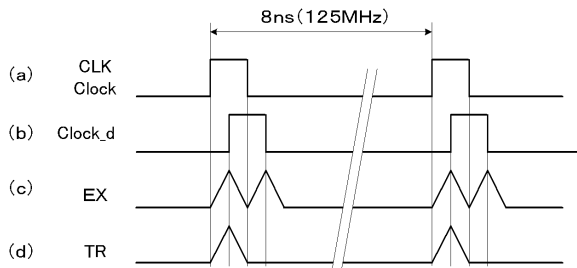
【図7】



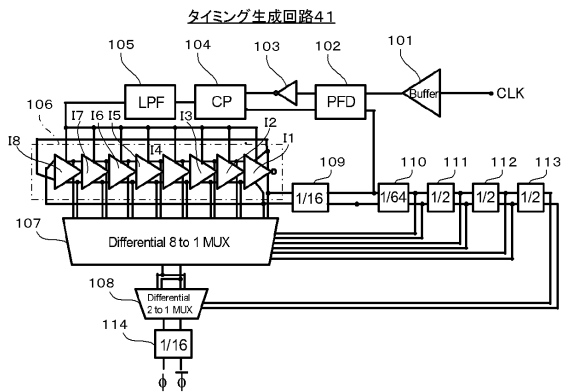
【図10】



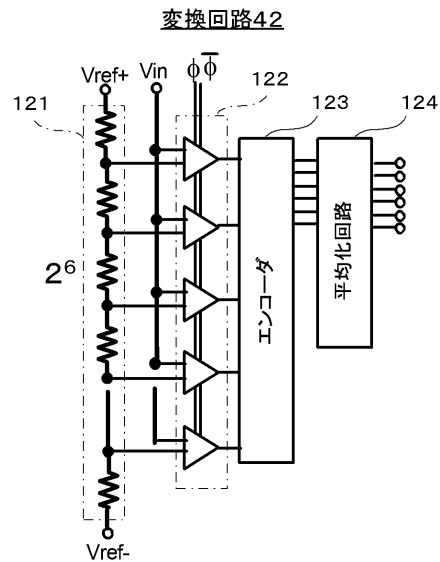
【図8】



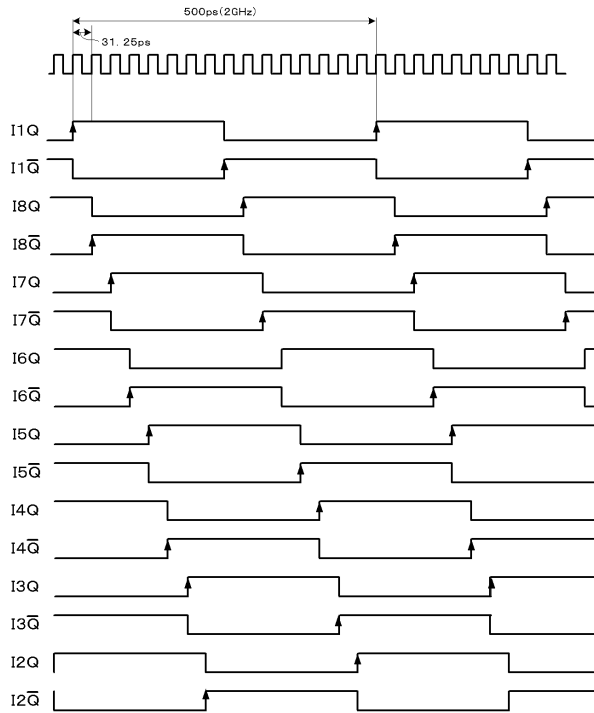
【図11】



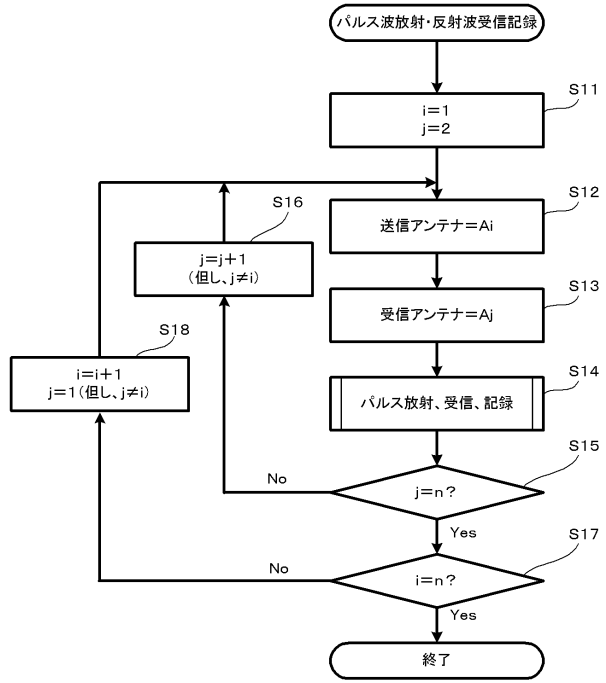
【図12】



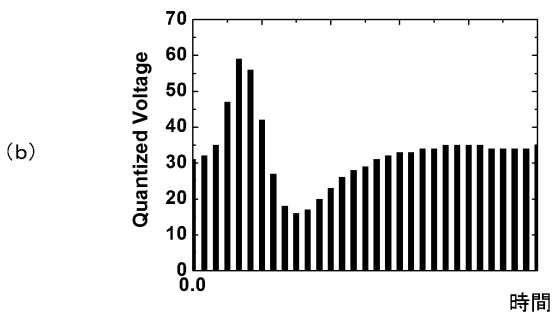
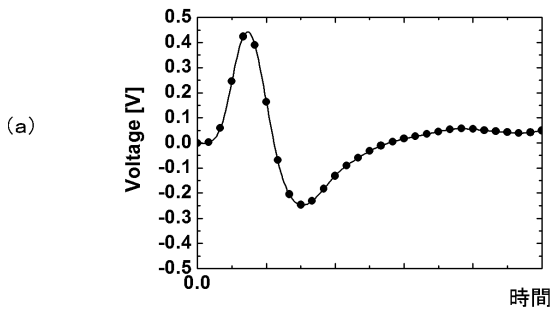
【図13】



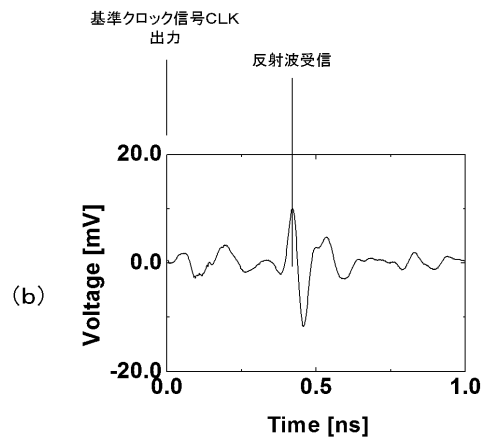
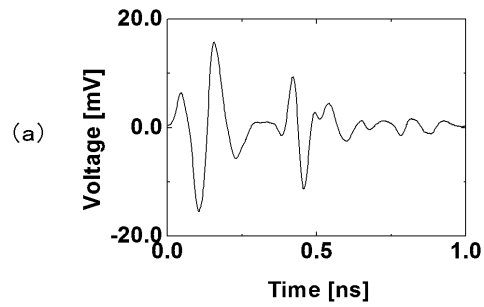
【図14】



【図15】



【図16】



---

フロントページの続き

(72)発明者 佐々木 信雄  
広島県東広島市鏡山1丁目3番2号 国立大学法人広島大学内

審査官 谷垣 圭二

(56)参考文献 特開2007-061359(JP,A)  
特表2008-512175(JP,A)  
特表2008-530546(JP,A)  
久保田慎一 等, Si上のUWBアンテナアレイによる乳癌検知のための共焦点画像処理, 応用物理学  
会学術講演会講演予稿集, 2008年 9月 2日, Vol.69th, No.2, 758

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 5/05

A61B 10/00

G01N 22/00

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamII)