

(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2014-124428

(P2014-124428A)

(43) 公開日 平成26年7月7日(2014.7.7)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
<b>A 6 1 B 8/00 (2006.01)</b>	A 6 1 B 8/00	2 G 0 4 7
<b>G 0 1 N 29/26 (2006.01)</b>	G 0 1 N 29/26 5 0 3	4 C 6 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2012-284474 (P2012-284474)  
 (22) 出願日 平成24年12月27日 (2012.12.27)

(71) 出願人 000002369  
 セイコーエプソン株式会社  
 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号  
 (74) 代理人 100095728  
 弁理士 上柳 雅誉  
 (74) 代理人 100127661  
 弁理士 宮坂 一彦  
 (74) 代理人 100116665  
 弁理士 渡辺 和昭  
 (72) 発明者 佐藤 竜一  
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内  
 (72) 発明者 宮澤 孝雄  
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

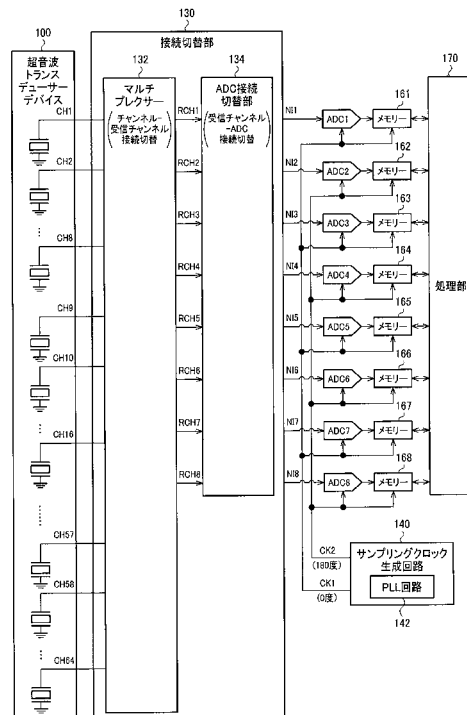
(54) 【発明の名称】 超音波受信回路、超音波測定装置、超音波プローブ及び超音波診断装置

(57) 【要約】

【課題】 超音波の測定結果画像の距離分解能の向上等を可能にする超音波受信回路、超音波測定装置、超音波プローブ及び超音波診断装置等の提供。

【解決手段】 超音波受信回路は第1～第MのA/D変換器ADC1～ADC8と、第1～第Mの受信チャンネルと第1～第MのA/D変換器ADC1～ADC8との間の接続切替を行う接続切替部と、周波数が同じで位相が異なる第1、第2のサンプリングクロックCK1、CK2を生成するサンプリングクロック生成回路140を含む。接続切替部130は、第2i-1の受信チャンネルからの受信信号を第2i-1のA/D変換器と第2iのA/D変換器に出力する。第2i-1のA/D変換器は、第1のサンプリングクロックCK1に基づき第2i-1の受信信号をサンプリングする。第2iのA/D変換器は、第2のサンプリングクロックCK2に基づき第2i-1の受信信号をサンプリングする。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

超音波トランスデューサデバイスの受信信号の A / D 変換を行う第 1 の A / D 変換器 ~ 第 M ( M は 2 以上の整数 ) の A / D 変換器と、

前記受信信号の受信チャンネルである第 1 の受信チャンネル ~ 第 M の受信チャンネルと、  
前記第 1 の A / D 変換器 ~ 第 M の A / D 変換器との間の接続切替を行う接続切替部と、  
周波数が同じで位相が異なる第 1 のサンプリングクロックと第 2 のサンプリングクロックとを生成し、前記第 1 の A / D 変換器 ~ 前記第 M の A / D 変換器に出力するサンプリングクロック生成回路と、

を含み、

10

前記接続切替部は、

前記第 1 の受信チャンネル ~ 前記第 M の受信チャンネルのうちの第  $2i - 1$  (  $i$  は  $2 \leq i \leq M$  となる自然数 ) の受信チャンネルからの第  $2i - 1$  の受信信号を、前記第 1 の A / D 変換器 ~ 前記第 M の A / D 変換器のうちの第  $2i - 1$  の A / D 変換器、第  $2i$  の A / D 変換器に出力し、

前記第  $2i - 1$  の A / D 変換器は、

前記第 1 のサンプリングクロックに基づいて前記第  $2i - 1$  の受信信号をサンプリングして、A / D 変換を行い、

前記第  $2i$  の A / D 変換器は、

前記第 2 のサンプリングクロックに基づいて前記第  $2i - 1$  の受信信号をサンプリングして、A / D 変換を行うことを特徴とする超音波受信回路。

20

## 【請求項 2】

請求項 1 において、

第 1 の期間においては、

前記接続切替部は、前記第  $2i - 1$  の受信チャンネルからの前記第  $2i - 1$  の受信信号を、前記第  $2i - 1$  の A / D 変換器、前記第  $2i$  の A / D 変換器に出力し、

前記第  $2i - 1$  の A / D 変換器、前記第  $2i$  の A / D 変換器は、各々、前記第 1 のサンプリングクロック、前記第 2 のサンプリングクロックに基づいて、前記第  $2i - 1$  の受信信号をサンプリングし、

第 2 の期間においては、

30

前記接続切替部は、前記第 1 の受信チャンネル ~ 前記第 M の受信チャンネルのうちの第  $2i$  の受信チャンネルからの第  $2i$  の受信信号を、前記第  $2i - 1$  の A / D 変換器、前記第  $2i$  の A / D 変換器に出力し、

前記第  $2i - 1$  の A / D 変換器、前記第  $2i$  の A / D 変換器は、各々、前記第 1 のサンプリングクロック、前記第 2 のサンプリングクロックに基づいて、前記第  $2i$  の受信信号をサンプリングすることを特徴とする超音波受信回路。

## 【請求項 3】

請求項 2 において、

前記第 1 の A / D 変換器 ~ 前記第 M の A / D 変換器からの A / D 変換結果データに基づいて、超音波の測定結果画像を構成する複数のスキャンデータの各スキャンデータを求める処理部を含み、

40

前記処理部は、

前記第 1 の期間での前記第 1 の A / D 変換器 ~ 前記第 M の A / D 変換器からの第 1 の A / D 変換結果データに基づいて、奇数番受信チャンネルの各スキャンデータを求め、

前記第 2 の期間での前記第 1 の A / D 変換器 ~ 前記第 M の A / D 変換器からの第 2 の A / D 変換結果データに基づいて、偶数番受信チャンネルの各スキャンデータを求め、

前記奇数番受信チャンネルの各スキャンデータと前記偶数番受信チャンネルの各スキャンデータとに基づいて、前記測定結果画像を構成する前記複数のスキャンデータの各スキャンデータを求めることを特徴とする超音波受信回路。

## 【請求項 4】

50

請求項 3 において、  
 前記第 1 の期間は第 1 のフレームであり、前記第 2 の期間は第 2 のフレームであり、  
 前記処理部は、  
 前記第 1 のフレームにおいて、奇数番受信チャンネルの複数のスキャンデータを求め、  
 前記第 2 のフレームにおいて、偶数番受信チャンネルの複数のスキャンデータを求め、  
 前記奇数番受信チャンネルの複数のスキャンデータと、前記偶数番受信チャンネルの複数のスキャンデータとに基づいて、前記測定結果画像を構成する前記複数のスキャンデータを求めることを特徴とする超音波受信回路。

【請求項 5】

請求項 3 において、  
 前記第 1 の期間は、奇数番受信チャンネルが選択される奇数番スキャン期間であり、前記第 2 の期間は、偶数番受信チャンネルが選択される偶数番スキャン期間であり、  
 前記処理部は、  
 前記奇数番スキャン期間において、奇数番受信チャンネルの各スキャンデータを求め、  
 前記偶数番スキャン期間において、偶数番受信チャンネルの各スキャンデータを求め、  
 前記奇数番受信チャンネルの各スキャンデータと、前記偶数番受信チャンネルの各スキャンデータとに基づいて、前記測定結果画像を構成する前記複数のスキャンデータの各スキャンデータを求めることを特徴とする超音波受信回路。

10

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のいずれかにおいて、  
 前記接続切替部は、  
 前記超音波トランスデューサーデバイスの第 1 のチャンネル～第 N ( N は 2 以上の整数 ) のチャンネルの中から、スキャンの対象となる前記第 1 の受信チャンネル～前記第 M の受信チャンネルを選択し、  
 選択された前記第 1 の受信チャンネル～前記第 M の受信チャンネルと、前記第 1 の A / D 変換器～第 M の A / D 変換器との間の接続切替を行うことを特徴とする超音波受信回路。

20

【請求項 7】

請求項 1 乃至 6 のいずれかにおいて、  
 前記サンプリングクロック生成回路は、  
 周波数が同じで位相が互いに  $360 \text{度} / 2^L$  ( L は自然数 ) だけ異なるクロックを、前記第 1 のサンプリングクロック、前記第 2 のサンプリングクロックとして生成することを特徴とする超音波受信回路。

30

【請求項 8】

請求項 1 乃至 7 のいずれかにおいて、  
 前記サンプリングクロック生成回路は、  
 周波数が同じで位相が互いに異なる第 1 のサンプリングクロック、第 2 のサンプリングクロック、第 3 のサンプリングクロック、第 4 のサンプリングクロックを生成して、前記第 1 の A / D 変換器～前記第 M の A / D 変換器に出力し、  
 前記接続切替部は、  
 前記第 1 の受信チャンネル～前記第 M の受信チャンネルのうちの第  $4j - 3$  ( j は  $4j - 3$  となる自然数 ) の受信チャンネルからの第  $4j - 3$  の受信信号を、前記第 1 の A / D 変換器～前記第 M の A / D 変換器のうちの第  $4j - 3$  の A / D 変換器、第  $4j - 2$  の A / D 変換器、第  $4j - 1$  の A / D 変換器、第  $4j$  の A / D 変換器に出力し、  
 前記第  $4j - 3$  の A / D 変換器、前記第  $4j - 2$  の A / D 変換器、前記第  $4j - 1$  の A / D 変換器、前記第  $4j$  の A / D 変換器は、各々、前記第 1 のサンプリングクロック、前記第 2 のサンプリングクロック、前記第 3 のサンプリングクロック、前記第 4 のサンプリングクロックに基づいて、前記第  $4j - 3$  の受信信号をサンプリングして、A / D 変換を行うことを特徴とする超音波受信回路。

40

【請求項 9】

50

請求項 8 において、

第 1 の期間においては、

前記接続切替部は、前記第 4 j - 3 の受信チャンネルからの前記第 4 j - 3 の受信信号を、前記第 4 j - 3 の A / D 変換器、前記第 4 j - 2 の A / D 変換器、前記第 4 j - 1 の A / D 変換器、前記第 4 j の A / D 変換器に出力し、

前記第 4 j - 3 の A / D 変換器、前記第 4 j - 2 の A / D 変換器、前記第 4 j - 1 の A / D 変換器、前記第 4 j の A / D 変換器は、各々、前記第 1 のサンプリングクロック、前記第 2 のサンプリングクロック、前記第 3 のサンプリングクロック、前記第 4 のサンプリングに基づいて、前記第 4 j - 3 の受信信号をサンプリングし、

第 2 の期間においては、

前記接続切替部は、前記第 1 の受信チャンネル～前記第 M の受信チャンネルのうちの前記第 4 j - 2 の受信チャンネルからの第 4 j - 2 の受信信号を、前記第 4 j - 3 の A / D 変換器、前記第 4 j - 2 の A / D 変換器、前記第 4 j - 1 の A / D 変換器、前記第 4 j の A / D 変換器に出力し、

前記第 4 j - 3 の A / D 変換器、前記第 4 j - 2 の A / D 変換器、前記第 4 j - 1 の A / D 変換器、前記第 4 j の A / D 変換器は、各々、前記第 1 のサンプリングクロック、前記第 2 のサンプリングクロック、前記第 3 のサンプリングクロック、前記第 4 のサンプリングに基づいて、前記第 4 j - 2 の受信信号をサンプリングし、

第 3 の期間においては、

前記接続切替部は、前記第 1 の受信チャンネル～前記第 M の受信チャンネルのうちの前記第 4 j - 1 の受信チャンネルからの第 4 j - 1 の受信信号を、前記第 4 j - 3 の A / D 変換器、前記第 4 j - 2 の A / D 変換器、前記第 4 j - 1 の A / D 変換器、前記第 4 j の A / D 変換器に出力し、

前記第 4 j - 3 の A / D 変換器、前記第 4 j - 2 の A / D 変換器、前記第 4 j - 1 の A / D 変換器、前記第 4 j の A / D 変換器は、各々、前記第 1 のサンプリングクロック、前記第 2 のサンプリングクロック、前記第 3 のサンプリングクロック、前記第 4 のサンプリングに基づいて、前記第 4 j - 1 の受信信号をサンプリングし、

第 4 の期間においては、

前記接続切替部は、前記第 1 の受信チャンネル～前記第 M の受信チャンネルのうちの前記第 4 j の受信チャンネルからの第 4 j の受信信号を、前記第 4 j - 3 の A / D 変換器、前記第 4 j - 2 の A / D 変換器、前記第 4 j - 1 の A / D 変換器、前記第 4 j の A / D 変換器に出力し、

前記第 4 j - 3 の A / D 変換器、前記第 4 j - 2 の A / D 変換器、前記第 4 j - 1 の A / D 変換器、前記第 4 j の A / D 変換器は、各々、前記第 1 のサンプリングクロック、前記第 2 のサンプリングクロック、前記第 3 のサンプリングクロック、前記第 4 のサンプリングに基づいて、前記第 4 j の受信信号をサンプリングすることを特徴とする超音波受信回路。

【請求項 10】

請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の超音波受信回路を含むことを特徴とする超音波測定装置。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の超音波測定装置を含むことを特徴とする超音波プローブ。

【請求項 12】

請求項 10 に記載の超音波測定装置と、

画像を表示する表示部とを含むことを特徴とする超音波診断装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波受信回路、超音波測定装置、超音波プローブ及び超音波診断装置等に関する。

10

20

30

40

50

## 【背景技術】

## 【0002】

対象物に向けて超音波を出射し、対象物内部における音響インピーダンスの異なる界面からの反射波を受信する装置として、例えば被検体である人体の内部を検査するための超音波測定装置が知られている。この超音波測定装置では、超音波トランスデューサーデバイスの各チャンネルからの受信信号を受信する受信回路が設けられる。この超音波の受信回路では、受信チャンネルからの受信信号のA/D変換や整相処理などを行う回路が設けられる。超音波の受信回路については例えば特許文献1などに開示されている。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

10

## 【0003】

【特許文献1】特開2004-216047号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

超音波測定装置においては、超音波の測定結果画像の分解能を如何にして高めるかが1つの課題となる。分解能は、2点間のエコーが識別できる最小の距離であり、距離分解能、方位分解能等がある。距離分解能は、超音波ビーム方向のエコー源間の識別限界距離であり、方位分解能は超音波スキャン方向に存在する2点間のエコーが識別できる限界距離である。しかしながら、これまでの従来技術では、例えばA/D変換器の接続切替手法により距離分解能を向上させる技術については開示されていなかった。

20

## 【0005】

本発明の幾つかの態様によれば、超音波の測定結果画像の距離分解能の向上等を可能にする超音波受信回路、超音波測定装置、超音波プローブ及び超音波診断装置等を提供できる。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0006】

本発明の一態様は、超音波トランスデューサーデバイスの受信信号のA/D変換を行う第1のA/D変換器～第M（Mは2以上の整数）のA/D変換器と、前記受信信号の受信チャンネルである第1の受信チャンネル～第Mの受信チャンネルと、前記第1のA/D変換器～第MのA/D変換器との間の接続切替を行う接続切替部と、周波数が同じで位相が異なる第1のサンプリングクロックと第2のサンプリングクロックとを生成し、前記第1のA/D変換器～前記第MのA/D変換器に出力するサンプリングクロック生成回路と、を含み、前記接続切替部は、前記第1の受信チャンネル～前記第Mの受信チャンネルのうちの第 $2i-1$ （ $i$ は $2 \leq i \leq M$ となる自然数）の受信チャンネルからの第 $2i-1$ の受信信号を、前記第1のA/D変換器～前記第MのA/D変換器のうちの第 $2i-1$ のA/D変換器、第 $2i$ のA/D変換器に出力し、前記第 $2i-1$ のA/D変換器は、前記第1のサンプリングクロックに基づいて前記第 $2i-1$ の受信信号をサンプリングして、A/D変換を行い、前記第 $2i$ のA/D変換器は、前記第2のサンプリングクロックに基づいて前記第 $2i-1$ の受信信号をサンプリングして、A/D変換を行う超音波受信回路に係する。

30

40

## 【0007】

本発明の一態様によれば、サンプリングクロック生成回路は、周波数が同じで位相が異なる第1、第2のサンプリングクロックを生成する。接続切替部は、第 $2i-1$ の受信チャンネルからの第 $2i-1$ の受信信号を、第 $2i-1$ 、第 $2i$ のA/D変換器に出力する。そして第 $2i-1$ 、第 $2i$ のA/D変換器は、各々、第1、第2のサンプリングクロックに基づいて、第 $2i-1$ の受信信号をサンプリングして、A/D変換を行う。このようにすれば、例えば超音波受信回路の全体の速度やデータレート等を変えずに、実質的なサンプリングレートを例えば2倍にして、第 $2i-1$ の受信信号をサンプリングし、A/D変換を行うことが可能になる。従って、超音波の測定結果画像の距離分解能の向上等を可

50

能にする超音波受信回路を実現できる。

【0008】

また本発明の一態様では、第1の期間においては、前記接続切替部は、前記第2i-1の受信チャンネルからの前記第2i-1の受信信号を、前記第2i-1のA/D変換器、前記第2iのA/D変換器に出力し、前記第2i-1のA/D変換器、前記第2iのA/D変換器は、各々、前記第1のサンプリングクロック、前記第2のサンプリングクロックに基づいて、前記第2i-1の受信信号をサンプリングし、第2の期間においては、前記接続切替部は、前記第1の受信チャンネル～前記第Mの受信チャンネルのうちの第2iの受信チャンネルからの第2iの受信信号を、前記第2i-1のA/D変換器、前記第2iのA/D変換器に出力し、前記第2i-1のA/D変換器、前記第2iのA/D変換器は、各々、前記第1のサンプリングクロック、前記第2のサンプリングクロックに基づいて、前記第2iの受信信号をサンプリングしてもよい。

10

【0009】

このようにすれば、第1、第2の期間において、各々、第2i-1、第2iの受信信号を、実質的なサンプリングレートを例えば2倍にしてサンプリングし、A/D変換を行うことが可能になる。そして、これらのA/D変換結果データを用いて、測定結果画像を生成すれば、測定結果画像の距離分解能等を向上できるようになる。

【0010】

また本発明の一態様では、前記第1のA/D変換器～前記第MのA/D変換器からのA/D変換結果データに基づいて、超音波の測定結果画像を構成する複数のスキャンデータの各スキャンデータを求める処理部を含み、前記処理部は、前記第1の期間での前記第1のA/D変換器～前記第MのA/D変換器からの第1のA/D変換結果データに基づいて、奇数番受信チャンネルの各スキャンデータを求め、前記第2の期間での前記第1のA/D変換器～前記第MのA/D変換器からの第2のA/D変換結果データに基づいて、偶数番受信チャンネルの各スキャンデータを求め、前記奇数番受信チャンネルの各スキャンデータと前記偶数番受信チャンネルの各スキャンデータとに基づいて、前記測定結果画像を構成する前記複数のスキャンデータの各スキャンデータを求めてもよい。

20

【0011】

このようにすれば、第1の期間での第1のA/D変換結果データに基づいて奇数番受信チャンネルの各スキャンデータを求め、第2の期間での第2のA/D変換結果データに基づいて偶数番受信チャンネルの各スキャンデータを求めて、超音波の測定結果画像を構成する複数のチャンネルの各スキャンデータを求めることが可能になる。

30

【0012】

また本発明の一態様では、前記第1の期間は第1のフレームであり、前記第2の期間は第2のフレームであり、前記処理部は、前記第1のフレームにおいて、奇数番受信チャンネルの複数のスキャンデータを求め、前記第2のフレームにおいて、偶数番受信チャンネルの複数のスキャンデータを求め、前記奇数番受信チャンネルの複数のスキャンデータと、前記偶数番受信チャンネルの複数のスキャンデータとに基づいて、前記測定結果画像を構成する前記複数のスキャンデータを求めてもよい。

【0013】

このようにすれば、フレーム毎に奇数番受信チャンネルと偶数番受信チャンネルを切り替えて、超音波の測定結果画像を構成する複数のスキャンデータを求めることが可能になる。

40

【0014】

また本発明の一態様では、前記第1の期間は、奇数番受信チャンネルが選択される奇数番スキャン期間であり、前記第2の期間は、偶数番受信チャンネルが選択される偶数番スキャン期間であり、前記処理部は、前記奇数番スキャン期間において、奇数番受信チャンネルの各スキャンデータを求め、前記偶数番スキャン期間において、偶数番受信チャンネルの各スキャンデータを求め、前記奇数番受信チャンネルの各スキャンデータと、前記偶数番受信チャンネルの各スキャンデータとに基づいて、前記測定結果画像を構成する前記

50

複数のスキャンデータの各スキャンデータを求めてもよい。

【0015】

このようにすれば、スキャン毎に奇数番受信チャンネルと偶数番受信チャンネルを切り替えて、超音波の測定結果画像を構成する複数のスキャンデータを求めることが可能になる。

【0016】

また本発明の一態様では、前記接続切替部は、前記超音波トランスデューサーデバイスの第1のチャンネル～第N（Nは2以上の整数）のチャンネルの中から、スキャンの対象となる前記第1の受信チャンネル～前記第Mの受信チャンネルを選択し、選択された前記第1の受信チャンネル～前記第Mの受信チャンネルと、前記第1のA/D変換器～第MのA/D変換器との間の接続切替を行ってもよい。

10

【0017】

このようにすれば、超音波トランスデューサーデバイスの第1～第Nのチャンネルと第1～第Mの受信チャンネルとの間の接続切替と、第1～第Mの受信チャンネルと第1～第MのA/D変換器との間の接続切替を行いながら、受信信号を各A/D変換器に入力して、高いサンプリングレートで受信信号をサンプリングする処理を実現できるようになる。

【0018】

また本発明の一態様では、前記サンプリングクロック生成回路は、周波数が同じで位相が互いに $360度/2^L$ （Lは自然数）だけ異なるクロックを、前記第1のサンプリングクロック、前記第2のサンプリングクロックとして生成してもよい。

20

【0019】

また本発明の一態様では、前記サンプリングクロック生成回路は、周波数が同じで位相が互いに異なる第1のサンプリングクロック、第2のサンプリングクロック、第3のサンプリングクロック、第4のサンプリングクロックを生成して、前記第1のA/D変換器～前記第MのA/D変換器に出力し、前記接続切替部は、前記第1の受信チャンネル～前記第Mの受信チャンネルのうちの第 $4j-3$ （jは $4j-M$ となる自然数）の受信チャンネルからの第 $4j-3$ の受信信号を、前記第1のA/D変換器～前記第MのA/D変換器のうちの第 $4j-3$ のA/D変換器、第 $4j-2$ のA/D変換器、第 $4j-1$ のA/D変換器、第 $4j$ のA/D変換器に出力し、前記第 $4j-3$ のA/D変換器、前記第 $4j-2$ のA/D変換器、前記第 $4j-1$ のA/D変換器、前記第 $4j$ のA/D変換器は、各々、前記第1のサンプリングクロック、前記第2のサンプリングクロック、前記第3のサンプリングクロック、前記第4のサンプリングクロックに基づいて、前記第 $4j-3$ の受信信号をサンプリングして、A/D変換を行ってもよい。

30

【0020】

このようにすれば、実施的なサンプリングレートを例えば4倍にして第 $4j-3$ の受信信号をサンプリングし、A/D変換を行うことが可能になる。

【0021】

また本発明の一態様では、第1の期間においては、前記接続切替部は、前記第 $4j-3$ の受信チャンネルからの前記第 $4j-3$ の受信信号を、前記第 $4j-3$ のA/D変換器、前記第 $4j-2$ のA/D変換器、前記第 $4j-1$ のA/D変換器、前記第 $4j$ のA/D変換器に出力し、前記第 $4j-3$ のA/D変換器、前記第 $4j-2$ のA/D変換器、前記第 $4j-1$ のA/D変換器、前記第 $4j$ のA/D変換器は、各々、前記第1のサンプリングクロック、前記第2のサンプリングクロック、前記第3のサンプリングクロック、前記第4のサンプリングクロックに基づいて、前記第 $4j-3$ の受信信号をサンプリングし、第2の期間においては、前記接続切替部は、前記第1の受信チャンネル～前記第Mの受信チャンネルのうちの前記第 $4j-2$ の受信チャンネルからの第 $4j-2$ の受信信号を、前記第 $4j-3$ のA/D変換器、前記第 $4j-2$ のA/D変換器、前記第 $4j-1$ のA/D変換器、前記第 $4j$ のA/D変換器に出力し、前記第 $4j-3$ のA/D変換器、前記第 $4j-2$ のA/D変換器、前記第 $4j-1$ のA/D変換器、前記第 $4j$ のA/D変換器は、各々、前記第1のサンプリングクロック、前記第2のサンプリングクロック、前記第3のサンプリン

40

50

グクロック、前記第4のサンプリングに基づいて、前記第4j-2の受信信号をサンプリングし、第3の期間においては、前記接続切替部は、前記第1の受信チャンネル～前記第Mの受信チャンネルのうちの前記第4j-1の受信チャンネルからの第4j-1の受信信号を、前記第4j-3のA/D変換器、前記第4j-2のA/D変換器、前記第4j-1のA/D変換器、前記第4jのA/D変換器に出力し、前記第4j-3のA/D変換器、前記第4j-2のA/D変換器、前記第4j-1のA/D変換器、前記第4jのA/D変換器は、各々、前記第1のサンプリングクロック、前記第2のサンプリングクロック、前記第3のサンプリングクロック、前記第4のサンプリングに基づいて、前記第4j-1の受信信号をサンプリングし、第4の期間においては、前記接続切替部は、前記第1の受信チャンネル～前記第Mの受信チャンネルのうちの前記第4jの受信チャンネルからの第4jの受信信号を、前記第4j-3のA/D変換器、前記第4j-2のA/D変換器、前記第4j-1のA/D変換器、前記第4jのA/D変換器に出力し、前記第4j-3のA/D変換器、前記第4j-2のA/D変換器、前記第4j-1のA/D変換器、前記第4jのA/D変換器は、各々、前記第1のサンプリングクロック、前記第2のサンプリングクロック、前記第3のサンプリングクロック、前記第4のサンプリングに基づいて、前記第4jの受信信号をサンプリングしてもよい。

10

## 【0022】

このようにすれば、第1、第2、第3、第4の期間において、各々、第4j-3、4j-2、4j-1、4jの受信信号を、実質的なサンプリングレートを例えば4倍にしてサンプリングし、A/D変換を行うことが可能になる。

20

## 【0023】

また本発明の他の態様は、上記のいずれかに記載の超音波受信回路を含む超音波測定装置に関する。

## 【0024】

また本発明の他の態様は、上記に記載の超音波測定装置を含む超音波プローブに関する。

## 【0025】

また本発明の他の態様は、上記に記載の超音波測定装置と、画像を表示する表示部とを含む超音波診断装置に関する。

## 【図面の簡単な説明】

30

## 【0026】

【図1】本実施形態の超音波受信回路の構成例。

【図2】本実施形態の超音波測定装置の構成例。

【図3】図3(A)～図3(C)はリニアスキャンモード、セクタースキャンモードの説明図。

【図4】図4(A)、図4(B)は本実施形態の構成及び動作の詳細な説明図。

【図5】図5(A)、図5(B)も本実施形態の構成及び動作の詳細な説明図。

【図6】図6(A)、図6(B)も本実施形態の構成及び動作の詳細な説明図。

【図7】図7(A)、図7(B)は通常モードの説明図。

【図8】通常モードでのフレーム画像の生成手法の説明図。

40

【図9】本実施形態のフレーム画像の第1の生成手法の説明図。

【図10】本実施形態のフレーム画像の第2の生成手法の説明図。

【図11】図11(A)、図11(B)は本実施形態の変形例の構成及び動作の説明図。

【図12】図12(A)～図12(C)は、超音波トランスデューサー素子の構成例。

【図13】超音波トランスデューサーデバイスの構成例。

【図14】図14(A)、図14(B)は、各チャンネルに対応して設けられる超音波トランスデューサー素子群の構成例。

【図15】図15(A)～図15(C)は超音波測定装置の具体的な機器構成の例。

【発明を実施するための形態】

## 【0027】

50

以下、本発明の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお以下に説明する本実施形態は特許請求の範囲に記載された本発明の内容を不当に限定するものではなく、本実施形態で説明される構成の全てが本発明の解決手段として必須であるとは限らない。

【0028】

1. 超音波受信回路、超音波測定装置

図1に本実施形態の超音波受信回路の構成例を示す。超音波受信回路は、A/D変換器ADC1～ADC8と、接続切替部130と、サンプリングクロック生成回路140を含む。またメモリー161～168や処理部170を含むことができる。なお本実施形態の超音波受信回路は図1の構成に限定されず、その構成要素の一部を省略したり、他の構成要素に置き換えたり、他の構成要素を追加するなどの種々の変形実施が可能である。

10

【0029】

A/D変換器ADC1～ADC8（広義には第1～第MのA/D変換器。Mは2以上の整数）は、超音波トランスデューサデバイス100の受信信号のA/D変換を行う。具体的には、サンプリングクロック生成回路140からの第1、第2のサンプリングクロックCK1、CK2を用いて、受信チャンネルRCH1～RCH8からの受信信号をサンプリングして、A/D変換を行う。A/D変換器ADC1～ADC8としては例えば逐次比較型、デルタシグマ型などの種々の方式のA/D変換器を用いることができる。

【0030】

メモリー161～168（第1～第Mのメモリー）は、A/D変換器ADC1～ADC8のA/D変換結果データを記憶する。このメモリー161～168はRAM等により実現できる。

20

【0031】

処理部170は、メモリー161～168に記憶されたA/D変換結果データに基づいて各種の処理を行う。例えば処理部170は、各受信チャンネルのA/D変換結果データの位相を合わせて加算する整相加算処理（受信ビームフォーマー処理）や、検波処理や、対数変換処理などを行う。

【0032】

超音波トランスデューサデバイス100は、複数の超音波トランスデューサ素子（超音波素子アレイ）と、複数の開口がアレイ状に配置された基板とを有する。複数の超音波トランスデューサ素子の各超音波トランスデューサ素子は、複数の開口の各開口を塞ぐ振動膜と、振動膜の上に設けられた下部電極、上部電極及び圧電体膜を備える圧電素子部とを有する。超音波トランスデューサデバイス100の詳細については後述する。なお、超音波トランスデューサデバイス100としては後述するような圧電素子（薄膜圧電素子）を用いるタイプのトランスデューサを採用できるが、本実施形態はこれに限定されない。例えばc-MUT（Capacitive Micro-machined Ultrasonic Transducers）などの容量性素子を用いるタイプのトランスデューサを採用してもよい。

30

【0033】

接続切替部130は、超音波の受信信号の受信チャンネルである受信チャンネルRCH1～RCH8（広義には第1～第Mの受信チャンネル）と、A/D変換器ADC1～ADC8（第1～第MのA/D変換器）との間の接続切替を行う。この接続切替は、接続切替部130が有するADC接続切替部134が行う。ADC接続切替部134は、受信チャンネルRCH1～RCH8のノードと、A/D変換器ADC1～ADC8の入力ノードNI1～NI8との間に設けられる。

40

【0034】

また接続切替部130は、超音波トランスデューサデバイス100のチャンネルCH1～CH64（広義には第1～第Nのチャンネル。Nは2以上の整数）の中から、スキャンの対象となる受信チャンネルRCH1～RCH8を選択する接続切替も行うことができる。この接続切替は、接続切替部130が有するマルチプレクサー132が行う。即ち、マルチプレクサー132が、超音波トランスデューサデバイス100のチャンネルCH1～CH64と受信チャンネルRCH1～RCH8との間の接続切替を行い、ADC接続

50

切替部 134 が、受信チャンネル RCH1 ~ RCH8 と A/D 変換器 ADC1 ~ ADC8 との間の接続切替を行う。なおマルチプレクサー 132 からの出力信号は、例えば ADC 接続切替部 134 が有する不図示の増幅回路 (LNA) により信号増幅される。

【0035】

接続切替部 130 は、複数のスイッチ素子により構成される。各スイッチ素子は例えば CMOS のトランジスタにより構成できる。例えば各スイッチ素子は CMOS のトランスファークローク等により構成できる。

【0036】

サンプリングクロック生成回路 140 は、第 1、第 2 のサンプリングクロック CK1、CK2 を生成して、A/D 変換器 ADC1 ~ ADC8 に出力する。第 1、第 2 のサンプリングクロック CK1、CK2 は、周波数が同じで位相が異なるクロックである。具体的には、第 1 のサンプリングクロック CK1 (0 度) と第 2 のサンプリングクロック CK2 (180 度) とは、位相が 180 度異なる。このような周波数が同じで位相が異なるクロックは、サンプリングクロック生成回路 140 が有する PLL (Phase Locked Loop) 回路 142 により生成できる。

10

【0037】

なお、以下では超音波トランスデューサデバイス 100 のチャンネル数が 64 ( $N = 64$ ) であり、受信チャンネル数が 8 ( $M = 8$ ) である場合について例にとり説明するが、本実施形態はこれに限定されない。チャンネル数は 64 より少なくてもよいし、多くてもよく、受信チャンネル数も 8 より少なくてもよいし、多くてもよい。また、チャンネルは、超音波の受信信号を出力されたり、超音波の送信信号が入力される超音波トランスデューサデバイス 100 の端子や信号線に相当する。受信チャンネルは、超音波トランスデューサデバイス 100 のチャンネルの中から受信対象 (スキャン対象) として選択されたチャンネルであり、チャンネル数を  $N$ 、受信チャンネル数を  $M$  とすると、 $N \geq M$  となる。

20

【0038】

そして本実施形態では、接続切替部 130 は、第 1 ~ 第  $M$  の受信チャンネル (RCH1 ~ RCH8) のうちの第  $2i - 1$  ( $i$  は  $2 \leq i \leq M$  となる自然数) の受信チャンネルからの第  $2i - 1$  の受信信号を、第 1 ~ 第  $M$  の A/D 変換器 (ADC1 ~ ADC8) のうちの第  $2i - 1$ 、第  $2i$  の A/D 変換器に出力する。

30

【0039】

そして、例えば第 1 の期間 (第 1 のフレーム、奇数番スキャン期間) において、第  $2i - 1$  の A/D 変換器 (ADC1、ADC3、ADC5、ADC7) は、第 1 のサンプリングクロック CK1 に基づいて、第  $2i - 1$  の受信信号 (RCH1、RCH3、RCH5、RCH7 の受信信号) をサンプリングして、A/D 変換を行う。第  $2i$  の A/D 変換器 (ADC2、ADC4、ADC6、ADC8) は、第 2 のサンプリングクロック CK2 に基づいて、第  $2i - 1$  の受信信号をサンプリングして、A/D 変換を行う。

【0040】

一方、例えば第 2 の期間 (第 2 のフレーム、偶数番スキャン期間) においては、接続切替部 130 は、第  $2i$  の受信チャンネルからの第  $2i$  の受信信号 (RCH2、RCH4、RCH6、RCH8 の受信信号) を、第  $2i - 1$ 、第  $2i$  の A/D 変換器に出力する。

40

【0041】

そして第  $2i - 1$  の A/D 変換器は、第 1 のサンプリングクロック CK1 に基づいて第  $2i$  の受信信号をサンプリングして、A/D 変換を行う。第  $2i$  の A/D 変換器は、第 2 のサンプリングクロック CK2 に基づいて第  $2i$  の受信信号をサンプリングして、A/D 変換を行う。

【0042】

これらの接続切替処理や A/D 変換のサンプリング処理については、図 4 (A) ~ 図 7 (B) を用いて後に詳細に説明する。

【0043】

50

図2は、本実施形態の超音波受信回路を有する超音波測定装置の構成例である。超音波測定装置は、超音波トランスデューサーデバイス100、送信回路120、接続切替部130、サンプリングクロック生成回路140、A/D変換部150、メモリー部160、処理部170、画像生成部180を含む。例えば超音波測定装置が超音波診断装置として用いられる場合には、超音波診断装置は表示部190を含むことができる。また本実施形態の超音波受信回路は、接続切替部130、サンプリングクロック生成回路140、A/D変換部150等により実現される。なお、本実施形態の超音波測定装置は図2の構成に限定されず、その構成要素の一部を省略したり、他の構成要素に置き換えたり、他の構成要素を追加するなどの種々の変形実施が可能である。

【0044】

送信回路120は、超音波トランスデューサーデバイス100のチャンネルCH1～CH64に対して送信信号を出力する回路である。この送信回路120はパルサー等により構成される。なお、送信期間においては、送信回路120からの送信信号は、マルチプレクサー132を介して超音波トランスデューサーデバイス100に出力される。具体的には、チャンネルCH1～CH64の中からマルチプレクサー132により選択されたチャンネルに対して、送信回路120からの送信信号が出力される。

【0045】

A/D変換部150は、図1のA/D変換器ADC1～ADC8により構成される。メモリー部160は、図1のメモリー161～168や、フレーム画像を記憶するフレームメモリーなどにより構成される。

【0046】

処理部170は整相処理等の各種の処理を行うものであり、例えばマイコン等のプロセッサやゲートアレイ等の専用回路(ASIC)により実現できる。

【0047】

画像生成部180は、超音波の測定結果画像を生成するものであり、例えばBモード画像等を生成する。表示部190は、画像生成部180により生成された測定結果画像を表示する。表示部190はLCD等の種々のディスプレイにより実現できる。

【0048】

図3(A)は、超音波測定装置のスキャンモードであるリニアスキャンモードを説明する図である。

【0049】

図3(A)のリニアスキャンモードでは、マルチプレクサー132が、超音波トランスデューサーデバイス100のチャンネルCH1～CH64の中から、リニアスキャンの対象となるチャンネルを順次選択する動作を行う。

【0050】

例えば、まず、チャンネルCH1～CH8がリニアスキャンの対象として選択され、送信回路120からの送信信号(送信パルス)が、マルチプレクサー132を介して超音波トランスデューサーデバイス100のチャンネルCH1～CH8に出力される。これにより、例えば図3(A)の超音波ビームBM1が出射される。そして、チャンネルCH1～CH8からの受信信号が、マルチプレクサー132、ADC接続切替部134を介してA/D変換部150に入力される。即ち、この場合にはチャンネルCH1～CH8が受信チャンネルRCH1～RCH8として選択されている。そしてA/D変換部150が、受信チャンネルRCH1～RCH8からの受信信号のA/D変換を行い、処理部170が、A/D変換結果データに対して整相加算処理等の各種の処理を行う。

【0051】

次に、チャンネルCH2～CH9がリニアスキャンの対象として選択され、送信回路120からの送信信号がチャンネルCH2～CH9に出力される。これにより、例えば図3(A)の超音波ビームBM2が出射される。そして、チャンネルCH2～CH9からの受信信号が、マルチプレクサー132、ADC接続切替部134を介してA/D変換部150に入力される。即ち、この場合にはチャンネルCH2～CH9が受信チャンネルRCH

10

20

30

40

50

1 ~ RCH8として選択されている。

【0052】

このようにして、リニアスキャンによるチャンネルの選択が順次行われ、最後はチャンネルCH57~CH64が受信チャンネルRCH1~RCH8として選択される。

【0053】

なお、超音波測定装置のスキャンモードは、図3(A)のリニアスキャンモードには限定されず、図3(B)のセクタースキャンモード等であってもよい。セクタースキャンモードでは、送信回路210からの送信信号が超音波トランスデューサデバイス100のチャンネルCH1~CH64に対して出力される。これにより図3(B)の超音波ビームBM1~BMjが送信される。この場合に、セクタースキャンモードでは、送信回路120の送信信号の送信開始タイミングの遅延制御を行うことで、図3(B)に示した方向に超音波ビームBM1~BMjが送信されるようになる。例えば図3(B)の超音波ビームBM1の送信は、紙面において左側の超音波トランスデューサ素子の送信開始タイミングを遅くし、右側の超音波トランスデューサ素子の送信開始タイミングを早くすることで実現される。一方、超音波ビームBMjの送信は、紙面において左側の超音波トランスデューサ素子の送信開始タイミングを早くし、右側の超音波トランスデューサ素子の送信開始タイミングを遅くすることで実現される。

10

【0054】

なお、図3(A)のリニアスキャンモードでは、選択されたチャンネル(例えばチャンネルCH1~CH8)の幅に対応する出射幅WSの超音波ビームが超音波トランスデューサデバイス100から出射される。また図3(B)のセクタースキャンモードでは、ライン状のデバイス幅全体(或いはセクタースキャンの対象チャンネルの幅)にわたる出射幅WSの超音波ビームが超音波トランスデューサデバイス100から出射される。そして図3(C)に示すように、送信信号の遅延制御や音響レンズ等により、スキャン方向での幅がフォーカス点FPにおいて集束するように超音波ビームの送信フォーカス制御が行われる。

20

【0055】

## 2. 構成及び動作の詳細

次に本実施形態の構成及び動作の詳細について説明する。図4(A)においてセレクターSL1、SL2は、図1のADC接続切替部134に設けられるものであり、CMOSトランジスタ等のスイッチ素子により構成される。

30

【0056】

図4(A)では、受信チャンネルRCH1(広義には第 $2i-1$ の受信チャンネルRCH $_{2i-1}$ 、 $i$ は $2i-M$ となる自然数)からの受信信号は、セレクターSL1、SL2の第1の入力端子I11、I21に入力される。受信チャンネルRCH2(広義には第 $2i$ の受信チャンネルRCH $_{2i}$ )からの受信信号は、セレクターSL1、SL2の第2の入力端子I12、I22に入力される。

【0057】

セレクターSL1の出力端子Q1からの出力信号はA/D変換器ADC1(広義には第 $2i-1$ のA/D変換器ADC $_{2i-1}$ )に入力される。セレクターSL2の出力端子Q2からの出力信号はA/D変換器ADC2(広義には第 $2i$ のA/D変換器ADC $_{2i}$ )に入力される。

40

【0058】

そして第1の期間(第1のフレーム、奇数番スキャン期間)では、図4(A)に示すように、セレクターSL1、SL2は受信チャンネルRCH1の受信信号を選択する。これによりA/D変換器ADC1、ADC2には、受信チャンネルRCH1からの受信信号が入力される。即ち、第1の期間では、図1の接続切替部130は、受信チャンネルRCH1(RCH $_{2i-1}$ )からの受信信号を、A/D変換器ADC1、ADC2(ADC $_{2i-1}$ 、ADC $_{2i}$ )に出力する。

【0059】

50

サンプリングクロック生成回路140は、受信信号をサンプリングするためのクロックとして、サンプリングクロックCK1、CK2を生成して、A/D変換器ADC1、ADC2やメモリー161、162に出力する。図4(B)に示すように、サンプリングクロックCK1、CK2は、周波数が同じで位相が異なるクロックとなっている。具体的にはサンプリングクロックCK1とCK2の間には180度の位相差がある。

【0060】

そして図4(B)のA1に示すように、第1の期間において、A/D変換器ADC1(ADC<sub>2i-1</sub>)は、サンプリングクロックCK1に基づいて、受信チャンネルRCH1(RCH<sub>2i-1</sub>)からの受信信号をサンプリングして、A/D変換を行う。また図4(B)のA2に示すように、第1の期間において、A/D変換器ADC2(ADC<sub>2i</sub>)は、サンプリングクロックCK2に基づいて、受信チャンネルRCH1(RCH<sub>2i-1</sub>)からの受信信号をサンプリングして、A/D変換を行う。つまり、A/D変換器ADC1、ADC2は、サンプリングクロックの位相を180度異ならせながら、サンプリング間隔TSで、受信チャンネルRCH1からの受信信号をサンプリングしてA/D変換を行う。そして、これらのA/D変換器ADC1、ADC2からのA/D変換結果データを、RCH1の受信信号のA/D変換結果データとして、メモリー161、162を介して後段の処理部170に転送する。

10

【0061】

このようにすれば図4(B)のA3に示すように、実質的なサンプリング間隔がTS/2となり、A1、A2の場合のサンプリング間隔TSの1/2倍の長さになる。即ち、2倍のサンプリングレートでサンプリングしたのと等価となる。従って、受信回路全体の動作速度、データレートを変更せずに、各受信チャンネルのサンプリングレートを上げることが可能になる。そして、A/D変換器ADC1、ADC2からのA/D変換結果データを、RCH1の受信信号のA/D変換結果データとして、例えば後述の図9、図10で説明するように超音波の測定結果画像を生成する。こうすれば、受信回路全体の動作速度、データレートを変更せずに、測定結果画像の距離分解能を向上させることが可能になる。

20

【0062】

さて、図4(A)では、受信チャンネルRCH2の受信信号をサンプリングしていないため、図5(A)に示すように第2の期間(第2のフレーム、偶数番スキャン期間)では、セレクターSL1、SL2は受信チャンネルRCH2の受信信号を選択する。これによりA/D変換器ADC1、ADC2には、受信チャンネルRCH2からの受信信号が入力される。即ち、第2の期間では、図1の接続切替部130は、受信チャンネルRCH2(RCH<sub>2i</sub>)からの受信信号を、A/D変換器ADC1、ADC2(ADC<sub>2i-1</sub>、ADC<sub>2i</sub>)に出力する。

30

【0063】

そして図5(B)のB1に示すように、第2の期間において、A/D変換器ADC1(ADC<sub>2i-1</sub>)は、サンプリングクロックCK1に基づいて、受信チャンネルRCH2(RCH<sub>2i</sub>)からの受信信号をサンプリングして、A/D変換を行う。また図5(B)のB2に示すように、第2の期間において、A/D変換器ADC2(ADC<sub>2i</sub>)は、サンプリングクロックCK2に基づいて、受信チャンネルRCH2(RCH<sub>2i</sub>)からの受信信号をサンプリングして、A/D変換を行う。つまり、A/D変換器ADC1、ADC2は、位相を180度異ならせながら、サンプリング間隔TSで、受信チャンネルRCH2からの受信信号をサンプリングしてA/D変換を行う。そして、これらのA/D変換器ADC1、ADC2からのA/D変換結果データを、RCH2の受信信号のA/D変換結果データとして、メモリー161、162を介して後段の処理部170に転送する。

40

【0064】

このようにすれば図5(B)のB3に示すように、実質的なサンプリング間隔がTS/2となり、B1、B2のサンプリング間隔TSの1/2倍の長さになるため、2倍のサンプリングレートでサンプリングしたのと等価となる。

【0065】

50

このように第1の期間では、受信チャンネルRCH1の受信信号のサンプリングを行い、第2の期間では、受信チャンネルRCH2の受信信号のサンプリングを行って、RCH1、RCH2の受信信号のA/D変換を行う。例えば第1の期間が後述する図9のように第1のフレーム（奇数フレーム）であり、第2の期間が第2のフレーム（偶数フレーム）である場合には、2フレーム分のA/D変換結果データを用いて、1フレームの測定結果画像（Bモード画像等）を生成する。このようにすれば、フレームレートは低下するものの、測定結果画像の距離分解能を向上することが可能になる。従って、例えば被写体の動きがそれほど大きくない場合等に好適な測定結果画像を生成できるようになる。

【0066】

なお、図4(A)～図5(B)では、受信チャンネルRCH1、RCH2のサンプリング動作やA/D変換器ADC1、ADC2の動作を例に説明したが、他の受信チャンネルRCH3～RCH8のサンプリング動作や他のA/D変換器ADC3～ADC8の動作も同様である。

10

【0067】

例えば図6(A)、図6(B)は、受信チャンネルRCH3、RCH4のサンプリング動作やA/D変換器ADC3、ADC4の動作を説明する図である。

【0068】

図6(A)では、受信チャンネルRCH3(RCH<sub>2i-1</sub>)からの受信信号は、セレクターSL3、SL4の第1の入力端子I31、I41に入力される。受信チャンネルRCH4(RCH<sub>2i</sub>)からの受信信号は、セレクターSL3、SL4の第2の入力端子I32、I42に入力される。

20

【0069】

セレクターSL3の出力端子Q3からの出力信号はA/D変換器ADC3(ADC<sub>2i-1</sub>)に入力される。セレクターSL4の出力端子Q4からの出力信号はA/D変換器ADC4(ADC<sub>2i</sub>)に入力される。

【0070】

そして第1の期間では、図6(A)に示すように、セレクターSL3、SL4は受信チャンネルRCH3の受信信号を選択する。これによりA/D変換器ADC3、ADC4には、受信チャンネルRCH3からの受信信号が入力される。

【0071】

そして図6(B)のC1に示すように、第1の期間において、A/D変換器ADC3(ADC<sub>2i-1</sub>)は、サンプリングクロックCK1に基づいて、受信チャンネルRCH3(RCH<sub>2i-1</sub>)からの受信信号をサンプリングして、A/D変換を行う。また図5(B)のC2に示すように、第1の期間において、A/D変換器ADC4(ADC<sub>2i</sub>)は、サンプリングクロックCK2に基づいて、受信チャンネルRCH3(RCH<sub>2i-1</sub>)からの受信信号をサンプリングして、A/D変換を行う。そして、これらのA/D変換器ADC3、ADC4からのA/D変換結果データを、RCH3の受信信号のA/D変換結果データとして、メモリー163、164を介して後段の処理部170に転送する。

30

【0072】

第2の期間での動作についても図5(A)、図5(B)と同様である。即ち、第2の期間では、セレクターSL3、SL4が受信チャンネルRCH4からの受信信号を選択して、A/D変換器ADC3、ADC4に出力する。A/D変換器ADC3、ADC4は、各々、サンプリングクロックCK1、CK2に基づいて受信チャンネルRCH4からの受信信号をサンプリングして、A/D変換を行う。そして、これらのA/D変換器ADC3、ADC4からのA/D変換結果データを、RCH4の受信信号のA/D変換結果データとして、メモリー163、164を介して後段の処理部170に転送する。他の受信チャンネルRCH5～RCH8のサンプリング動作や他のA/D変換器ADC5～ADC8の動作も同様であるため、詳細な説明は省略する。

40

【0073】

また、本実施形態では、以上のような実質的なサンプリングレートを2倍（広義にはL

50

倍)にするモードとは別に、サンプリングレートを2倍にしない通常モードの動作も可能である。

#### 【0074】

即ち、通常モードでは、図7(A)に示すように、セレクターSL1は受信チャンネルRCH1(RCH<sub>2i-1</sub>)からの受信信号を選択して、A/D変換器ADC1(ADC<sub>2i-1</sub>)に出力する。またセレクターSL2は受信チャンネルRCH2(RCH<sub>2i</sub>)からの受信信号を選択して、A/D変換器ADC2(ADC<sub>2i</sub>)に出力する。そして図7(B)のE1に示すように、A/D変換器ADC1は、例えばサンプリングクロックCK1に基づいて、サンプリング間隔TSで、受信チャンネルRCH1からの受信信号をサンプリングして、A/D変換を行う。またA/D変換器ADC2は、サンプリングクロックCK1に基づいて、E2に示すようにサンプリング間隔TSで、受信チャンネルRCH2からの受信信号をサンプリングして、A/D変換を行う。このように各A/D変換器が各受信チャンネルの受信信号を、通常のサンプリングレートでサンプリングすることで、通常モードの動作についても実現できるようになる。従って、例えば被写体の動き等が少ないが距離分解能を優先するような測定結果画像を生成する場合には、図4(A)~図6(B)のようなサンプリングレートを2倍にするモードに設定する。一方、被写体の動き等が大きい測定結果画像については、通常モードに設定する。こうすれば、用途に応じた好適な測定結果画像を生成できるようになる。

10

#### 【0075】

##### 3. フレーム画像の生成

次に測定結果画像であるフレーム画像の具体的な生成手法について詳細に説明する。

20

#### 【0076】

##### 3.1 通常モードでの生成手法

図8は、図7(A)、図7(B)で述べた通常モードでのフレーム画像生成手法の説明図である。通常モードでは1フレームあたり例えば57回のスキャンを行う。例えば図3(A)のリニアスキャンモードにおいて、1回目のスキャンでは超音波トランスデューサデバイス100のチャンネルCH1~CH8が選択される。また2回目のスキャンではチャンネルCH2~CH9、3回目のスキャンではチャンネルCH3~CH10・・・57回目のスキャンではチャンネルCH57~CH64というように選択されて、合計で57回のスキャンが行われる。

30

#### 【0077】

例えば図8において、フレーム1(フレーム番号=1)の1回目のスキャン(スキャン番号=1)において、チャンネルCH1~CH8が受信チャンネルRCH1~RCH8として選択される。そしてA/D変換器ADC1~ADC8が、受信チャンネルRCH1~RCH8の受信信号のA/D変換を行う。次に処理部170が、A/D変換器ADC1~ADC8のA/D変換結果データの整相加算処理を行い、スキャンデータ1を生成する。整相加算処理は、各受信チャンネルのデータを位相を合わせて加算する処理であり、受信フォーカシングのための処理である。処理部170は、このスキャンデータ1に対して、検波処理や対数変換処理などの処理を行う。そして処理後のスキャンデータ1が、図2のメモリー部160が有するフレームメモリーの1回目のスキャンに対応するライン位置に書き込まれる。これによりフレーム1の画像の1番目のラインが形成される。なお検波処理は、いわゆる包絡線検波処理であり、対数変換処理は、スキャンデータの振幅値を輝度値に変換する処理の前処理として行われる処理である。フレームメモリーには、輝度値への変換後のデータ(Bモードデータ)が書き込まれることになる。

40

#### 【0078】

次に、フレーム1の2回目のスキャンでは、チャンネルCH2~CH9が受信チャンネルRCH1~RCH8として選択される。そしてA/D変換器ADC1~ADC8により、RCH1~RCH8の受信信号のA/D変換が行われ、整相加算処理によりスキャンデータ2が生成される。そして検波処理等の処理後のスキャンデータ2が、フレームメモリーの2回目のスキャンに対応するライン位置に書き込まれる。これによりフレーム1の画

50

像の 2 番目のラインが形成される。

【 0 0 7 9 】

以上のような処理が繰り返され、フレーム 1 の最後では、57 回目のスキャンによるスキャンデータ 57 が生成され、検波処理等の処理後のスキャンデータ 57 が、フレームメモリの 57 回目のスキャンに対応するライン位置に書き込まれる。これにより、フレーム 1 の画像の全てのラインが形成され、生成されたフレーム 1 の画像が、図 2 の表示部 190 に出力されて表示される。

【 0 0 8 0 】

フレーム 2 においても同様の処理が行われる。そして、フレーム 2 の最後において 57 回目のスキャンによるスキャンデータ 57 が生成され、検波処理等の処理後のスキャンデータ 57 がフレームメモリに書き込まれる。これにより、フレーム 2 の画像が生成されて、表示部 190 に出力されて表示される。

10

【 0 0 8 1 】

### 3.2 第 1 の生成手法

図 9 は本実施形態のフレーム画像の第 1 の生成手法の説明図である。第 1 の生成手法は、フレーム毎に奇数番受信チャンネルと偶数番受信チャンネルを切り替える手法である。

【 0 0 8 2 】

図 9 において、フレーム 1 ( 広義には第 1 の期間 ) の 1 回目のスキャンでは、チャンネル CH1 ~ CH8 が受信チャンネル RCH1 ~ RCH8 として選択される。そして図 4 ( A ) で説明したように、A/D 変換器 ADC1、ADC2 は奇数番受信チャンネル RCH1 の受信信号をサンプリングして A/D 変換を行う。また図 6 ( A ) で説明したように、A/D 変換器 ADC3、ADC4 は奇数番受信チャンネル RCH3 の受信信号をサンプリングして A/D 変換を行う。同様に、A/D 変換器 ADC5 及び ADC6、ADC7 及び ADC8 は、各々、奇数番受信チャンネル RCH5、RCH7 の受信信号をサンプリングして A/D 変換を行う。この場合に A/D 変換器 ADC1、ADC3、ADC5、ADC7 は、サンプリングクロック CK1 ( 0 度 ) に基づいて受信信号をサンプリングし、A/D 変換器 ADC2、ADC4、ADC6、ADC8 は、サンプリングクロック CK2 ( 180 度 ) に基づいて受信信号をサンプリングする。

20

【 0 0 8 3 】

そして処理部 170 は、A/D 変換器 ADC1 ~ ADC8 からの A/D 変換結果データに基づいて整相加算処理を行って、奇数番受信チャンネルのスキャンデータ 1 を生成する。この奇数番受信チャンネルのスキャンデータ 1 は、図 8 の通常モードに比べて、サンプリングレートが実質的に 2 倍である A/D 変換結果データにより生成されるデータとなる。

30

【 0 0 8 4 】

次に、処理部 170 は、生成された奇数番受信チャンネルのスキャンデータ 1 に対して、検波処理や対数変換処理などの処理を行う。そして、処理後の奇数番受信チャンネルのスキャンデータ 1 が、フレームメモリの 1 回目のスキャンに対応するライン位置に、中間スキャンデータ 1 として書き込まれる。中間スキャンデータ 1 は、完成前の中間的なスキャンデータである。

40

【 0 0 8 5 】

次に、フレーム 1 の 2 回目のスキャンでは、チャンネル CH2 ~ CH9 が受信チャンネル RCH1 ~ RCH8 として選択される。そして A/D 変換器 ADC1、ADC2 は奇数番受信チャンネル RCH1 の受信信号をサンプリングして A/D 変換を行う。ここで受信チャンネル RCH1 の受信信号は、チャンネル CH2 からの受信信号である。また A/D 変換器 ADC3、ADC4 は奇数番受信チャンネル RCH3 の受信信号をサンプリングして A/D 変換を行う。ここで受信チャンネル RCH3 の受信信号は、チャンネル CH4 からの受信信号である。同様に、A/D 変換器 ADC5 及び ADC6、ADC7 及び ADC8 は、各々、奇数番受信チャンネル RCH5、RCH7 の受信信号をサンプリングして A/D 変換を行う。ここで受信チャンネル RCH5、RCH7 の受信信号は、チャンネル C

50

H 6、C H 8からの受信信号である。

【0086】

次に、A / D変換器A D C 1 ~ A D C 8からのA / D変換結果データに基づいて整相加算処理が行われて、奇数番受信チャンネルのスキャンデータ2が生成される。そして、生成された奇数番受信チャンネルのスキャンデータ2に対して、検波処理等の処理が行われて、処理後の奇数番受信チャンネルのスキャンデータ2が、フレームメモリの2回目のスキャンに対応するライン位置に、中間スキャンデータ2として書き込まれる。

【0087】

以上のような処理が繰り返され、フレーム1の最後では、57回目のスキャンによる奇数番受信チャンネルのスキャンデータ57が生成される。そして検波処理等の処理後の奇数番受信チャンネルのスキャンデータ57が、フレームメモリの57回目のスキャンに対応するライン位置に、中間スキャンデータ57として書き込まれる。

10

【0088】

図8の通常モードでは、この時点でフレーム画像が表示部190に出力されて表示されていた。これに対して図9の第1の生成手法では、この時点ではフレーム画像は完成されておらず、中間的(暫定的)なフレーム画像が生成されてフレームメモリーに記憶されている。

【0089】

次に、フレーム2(広義には第2の期間)の1回目のスキャンでは、チャンネルC H 1 ~ C H 8が受信チャンネルR C H 1 ~ R C H 8として選択される。そして図5(A)で説明したように、A / D変換器A D C 1、A D C 2は偶数番受信チャンネルR C H 2の受信信号をサンプリングしてA / D変換を行う。同様に、A / D変換器A D C 3及びA D C 4、A D C 5及びA D C 6、A D C 7及びA D C 8は、各々、偶数番受信チャンネルR C H 4、R C H 6、R C H 8の受信信号をサンプリングしてA / D変換を行う。

20

【0090】

次に、A / D変換器A D C 1 ~ A D C 8からのA / D変換結果データに基づいて整相加算処理が行われて、偶数番受信チャンネルのスキャンデータ1が生成される。そして生成された偶数番受信チャンネルのスキャンデータ1に対して、検波処理等の処理が行われる。そして、処理後の偶数番受信チャンネルのスキャンデータ1と、フレームメモリーに既に記憶されている中間スキャンデータ1である奇数番受信チャンネルのスキャンデータ1とに基づいて、スキャンデータ1が生成される。そして、生成されたスキャンデータ1が、フレームメモリの1回目のスキャンに対応するライン位置に書き込まれる。これによりフレーム画像の1番目のラインが形成される。

30

【0091】

次に、フレーム2の2回目のスキャンでは、チャンネルC H 2 ~ C H 9が受信チャンネルR C H 1 ~ R C H 8として選択される。そしてA / D変換器A D C 1及びA D C 2、A D C 3及びA D C 4、A D C 5及びA D C 6、A D C 7及びA D C 8は、各々、偶数番受信チャンネルR C H 2、R C H 4、R C H 6、R C H 8の受信信号をサンプリングしてA / D変換を行う。

【0092】

次に、A / D変換器A D C 1 ~ A D C 8からのA / D変換結果データに基づいて整相加算処理が行われて、偶数番受信チャンネルのスキャンデータ2が生成される。そして生成された偶数番受信チャンネルのスキャンデータ2に対して、検波処理等の処理が行われる。そして、処理後の偶数番受信チャンネルのスキャンデータ2と、フレームメモリーに既に記憶されている中間スキャンデータ2である奇数番受信チャンネルのスキャンデータ2とに基づいて、スキャンデータ2が生成される。そして、生成されたスキャンデータ2が、フレームメモリの2回目のスキャンに対応するライン位置に書き込まれる。これによりフレーム画像の2番目のラインが形成される。

40

【0093】

以上のような処理が繰り返され、フレーム2の最後では、57回目のスキャンによる偶

50

数番受信チャンネルのスキャンデータ57が生成される。そして、検波処理等の処理後の偶数番受信チャンネルのスキャンデータ57と、フレームメモリーに既に記憶されている中間スキャンデータ57である奇数番受信チャンネルのスキャンデータ57とに基づいて、スキャンデータ57が生成される。そして、生成されたスキャンデータ57が、フレームメモリーの57回目のスキャンに対応するライン位置に書き込まれる。これによりフレーム画像の全てのラインが形成され、生成されたフレーム画像が表示部190に出力されて表示される。このように図9では、2つのフレームで1つのフレーム画像が生成されるため、フレームレートは低下するが、図4(A)~図6(B)で説明したようにフレーム画像の距離分解能については向上できる。

【0094】

以上のように本実施形態では、処理部170は、A/D変換器ADC1~ADC8(第1~第MのA/D変換器)からのA/D変換結果データに基づいて、超音波の測定結果画像を構成する複数のスキャンデータの各スキャンデータを求める。即ち図9のようにフレームメモリーに格納される各スキャンデータを求める。具体的には、処理部170は、第1の期間でのA/D変換器ADC1~ADC8からの第1のA/D変換結果データに基づいて、奇数番受信チャンネルの各スキャンデータを求める。また第2の期間でのA/D変換器ADC1~ADC8からの第2のA/D変換結果データに基づいて、偶数番受信チャンネルの各スキャンデータを求める。例えば図9のように整相加算処理を行うことで、奇数番受信チャンネル、偶数番受信チャンネルの各スキャンデータを求める。そして奇数番受信チャンネルの各スキャンデータと偶数番受信チャンネルの各スキャンデータとに基づいて、超音波の測定結果画像を構成する複数のスキャンデータの各スキャンデータを求める。

【0095】

例えば図9の第1の生成手法では、第1の期間は第1のフレームとなり、第2の期間は第2のフレームとなる。

【0096】

そして処理部170は、図9に示すように、第1のフレームにおいて、奇数番受信チャンネルの複数のスキャンデータ1~57を求める。また処理部170は、第2のフレームにおいて、偶数番受信チャンネルの複数のスキャンデータ1~57を求める。

【0097】

そして処理部170は、奇数番受信チャンネルの複数のスキャンデータと、偶数番受信チャンネルの複数のスキャンデータとに基づいて、超音波の測定結果画像を構成する複数のスキャンデータを求める。図9を例にとれば、奇数番受信チャンネルの複数のスキャンデータ1~57と、偶数番受信チャンネルの複数のスキャンデータ1~57とに基づいて、複数のスキャンデータ1~57を求める。そして、これらの複数のスキャンデータ1~57により構成されるフレーム画像(Bモード画像等)が、超音波の測定結果画像として表示部190に表示される。

【0098】

以上のように第1の生成手法では、フレーム毎に奇数番受信チャンネルと偶数番受信チャンネルを切り替えて各スキャンデータを生成して、2つのフレームで1枚のフレーム画像を生成している。従って、フレームレートは低下するものの、距離分解が高いフレーム画像の生成が可能になる。

【0099】

3.3 第2の生成手法

図10は本実施形態のフレーム画像の第2の生成手法の説明図である。第2の生成手法は、スキャン毎に奇数番受信チャンネルと偶数番受信チャンネルを切り替える手法である。

【0100】

まず図10において、フレーム1の第1のスキャンでは、チャンネルCH1~CH8が受信チャンネルRCH1~RCH8として選択される。そして、この第1のスキャンにお

10

20

30

40

50

いて、同一素子群を2度スキャンする。即ち、超音波トランスデューサーデバイス100のチャンネルCH1～CH8を受信チャンネルRCH1～RCH8として、2度のスキャンを行う。1度目のスキャン期間(図10の1-1)が奇数番スキャン期間(広義には第1の期間)であり、2度目のスキャン期間(図10の1-2)が偶数番スキャン期間(広義には第2の期間)である。なお1度目のスキャン期間が偶数番スキャン期間であり、2度目のスキャンが奇数番スキャン期間であってもよい。

【0101】

奇数番スキャン期間(1-1)では、図4(A)で説明したように、A/D変換器ADC1、ADC2は、奇数番受信チャンネルRCH1の受信信号をサンプリングしてA/D変換を行う。同様に、A/D変換器ADC3及びADC4、ADC5及びADC6、ADC7及びADC8は、各々、奇数番受信チャンネルRCH3、RCH5、RCH7の受信信号をサンプリングしてA/D変換を行う。

10

【0102】

次に、A/D変換器ADC1～ADC8からのA/D変換結果データに基づいて整相加算処理が行われて、奇数番受信チャンネルのスキャンデータ1が生成される。そして、生成された奇数番受信チャンネルのスキャンデータ1に対して、検波処理等の処理が行われ、処理後の奇数番受信チャンネルのスキャンデータ1が、フレームメモリの1回目のスキャンに対応するライン位置に、中間スキャンデータ1として書き込まれる。

【0103】

偶数番スキャン期間(1-2)では、図5(A)で説明したように、A/D変換器ADC1、ADC2は、偶数番受信チャンネルRCH2の受信信号をサンプリングしてA/D変換を行う。同様に、A/D変換器ADC3及びADC4、ADC5及びADC6、ADC7及びADC8は、各々、偶数番受信チャンネルRCH4、RCH6、RCH8の受信信号をサンプリングしてA/D変換を行う。

20

【0104】

次に、A/D変換器ADC1～ADC8からのA/D変換結果データに基づいて整相加算処理が行われて、偶数番受信チャンネルのスキャンデータ1が生成される。そして、生成された偶数番受信チャンネルのスキャンデータ1に対して、検波処理等の処理が行われる。そして、処理後の偶数番受信チャンネルのスキャンデータ1と、フレームメモリに既に記憶されている中間スキャンデータ1である奇数番受信チャンネルのスキャンデータ1とに基づいて、スキャンデータ1が生成される。そして、生成されたスキャンデータ1が、フレームメモリの1回目のスキャンに対応するライン位置に書き込まれる。これによりフレーム画像の1番目のラインが形成される。

30

【0105】

フレーム1の第2のスキャンでは、チャンネルCH2～CH9が受信チャンネルRCH1～RCH8として選択される。そして、この第2のスキャンにおいても、同一素子群を2度スキャンする。

【0106】

そして、第2のスキャンでの奇数番スキャン期間(2-1)、偶数番スキャン期間(2-2)でも、第1のスキャンでの奇数番スキャン期間(1-1)、偶数番スキャン期間(1-2)と同様の処理が行われて、奇数番受信チャンネルのスキャンデータ2、偶数番受信チャンネルのスキャンデータ2が生成される。そして奇数番受信チャンネルのスキャンデータ2と偶数番受信チャンネルのスキャンデータ2に基づいて、スキャンデータ2が生成され、生成されたスキャンデータ2がフレームメモリに書き込まれる。

40

【0107】

以上のような処理が繰り返され、フレーム1の最後の第57のスキャンの奇数番スキャン期間では、奇数番受信チャンネルのスキャンデータ57が生成され、偶数番スキャン期間では、偶数番受信チャンネルのスキャンデータ57が生成される。そして奇数番受信チャンネルのスキャンデータ57と偶数番受信チャンネルのスキャンデータ57に基づいて、スキャンデータ57が生成され、生成されたスキャンデータ57がフレームメモリに

50

書き込まれる。これによりフレーム画像の全てのラインが形成され、生成されたフレーム画像が表示部 190 に出力されて表示される。

【0108】

以上のように、図10の第2の生成手法では、第1の期間は、奇数番受信チャンネルが選択される奇数番スキャン期間となり、第2の期間は、偶数番受信チャンネルが選択される偶数番スキャン期間となる。

【0109】

そして処理部170は、奇数番スキャン期間において、奇数番受信チャンネルの各スキャンデータを求め、偶数番スキャン期間において、偶数番受信チャンネルの各スキャンデータを求める。図10を例にとれば、奇数番受信チャンネルの各スキャンデータ1、2・・・57を求め、偶数番受信チャンネルの各スキャンデータ1、2・・・57を求める。そして処理部170は、奇数番受信チャンネルの各スキャンデータと、偶数番受信チャンネルの各スキャンデータとに基づいて、超音波の測定結果画像を構成する複数のスキャンデータの各スキャンデータを求める。図10を例にとれば、奇数番受信チャンネルの各スキャンデータ1、2・・・57と、偶数番受信チャンネルの各スキャンデータ1、2・・・57とに基づいて、各スキャンデータ1、2・・・57を求める。そして、これらのスキャンデータ1～57により構成されるフレーム画像が、超音波の測定結果画像として表示部190に表示される。

10

【0110】

以上のように第2の生成手法では、スキャン毎に奇数番受信チャンネルと偶数番受信チャンネルを切り替えて各スキャンデータを生成する。そして、奇数番受信チャンネルの各スキャンデータと偶数番受信チャンネルの各スキャンデータとに基づいて、フレーム画像を構成する各スキャンデータを求めて、1枚のフレーム画像を生成している。従って、フレームレートは低下するものの、距離分解の高いフレーム画像の生成が可能になる。

20

【0111】

4. 変形例

以上では、位相がずれた2つの第1、第2のサンプリングクロックを用いて、奇数番受信チャンネルと偶数番受信チャンネルの受信信号の各々をサンプリングする手法について説明したが、本実施形態はこれには限定されない。例えば位相がずれた4つのサンプリングクロックを用いたり、8つ以上のサンプリングクロックを用いるなどの種々の変形実施が可能である。

30

【0112】

即ち、サンプリングクロック生成回路140は、位相が互いに $360度/2^L$  (Lは自然数)だけ異なるサンプリングクロックを生成できるものであればよい。例えば2つのサンプリングクロックを用いる場合には、 $L=1$ となり、サンプリングクロック生成回路140は、位相が互いに $360度/2^L=360度/2=180度$ だけ異なるクロックを、第1、第2のサンプリングクロックとして生成する。また4つのサンプリングクロックを用いる場合には、 $L=2$ となり、位相が互いに $360度/2^L=360度/4=90度$ だけ異なるクロックを、第1～第4のサンプリングクロックとして生成する。また8つのサンプリングクロックを用いる場合には、 $L=3$ となり、位相が互いに $360度/2^L=360度/8=45度$ だけ異なるクロックを、第1～第8のサンプリングクロックとして生成する。

40

【0113】

図11(A)、図11(B)は、4つの第1～第4のサンプリングクロックCK1、CK2、CK3、CK4を用いる場合の本実施形態の詳細な構成、動作を説明する図である。

【0114】

図11(A)では、ADC接続切替部134としてセレクターSL1～SL4が設けられている。セレクターSL1、SL2、SL3、SL4の第1の入力端子I11、I21、I31、I41には、受信チャンネルRCH1(広義には第4j-3の受信チャンネル

50

$RCH_{4j-3}$ 、 $j$ は $4j-M$ となる自然数)からの受信信号が入力される。第2の入力端子 $I_{12}$ 、 $I_{22}$ 、 $I_{32}$ 、 $I_{42}$ には、受信チャンネル $RCH_2$ (広義には $4j-2$ の受信チャンネル $RCH_{4j-2}$ )からの受信信号が入力される。第3の入力端子 $I_{13}$ 、 $I_{23}$ 、 $I_{33}$ 、 $I_{43}$ には、受信チャンネル $RCH_3$ (広義には $4j-1$ の受信チャンネル $RCH_{4j-1}$ )からの受信信号が入力される。第4の入力端子 $I_{14}$ 、 $I_{24}$ 、 $I_{34}$ 、 $I_{44}$ には、受信チャンネル $RCH_4$ (広義には $4j$ の受信チャンネル $RCH_{4j}$ )からの受信信号が入力される。

【0115】

セレクター $SL_1$ 、 $SL_2$ 、 $SL_3$ 、 $SL_4$ の出力端子 $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $Q_3$ 、 $Q_4$ からの出力信号はA/D変換器 $ADC_1$ 、 $ADC_2$ 、 $ADC_3$ 、 $ADC_4$ (広義には $4j-3$ 、 $4j-2$ 、 $4j-1$ 、 $4j$ のA/D変換器 $ADC_{4j-3}$ 、 $ADC_{4j-2}$ 、 $ADC_{4j-1}$ 、 $ADC_{4j}$ )に入力される。

10

【0116】

サンプリングクロック生成回路140は、周波数が同じで位相が互いに異なる第1、第2、第3、第4のサンプリングクロック $CK_1$ 、 $CK_2$ 、 $CK_3$ 、 $CK_4$ をA/D変換器 $ADC_1 \sim ADC_4$ に出力する。図11(B)に示すように、サンプリングクロック $CK_1$ 、 $CK_2$ 、 $CK_3$ 、 $CK_4$ は、位相が互いに90度ずつ異なったクロックとなっている。

【0117】

そして第1の期間(第1のフレーム)においては、セレクター $SL_1 \sim SL_4$ (接続切替部130)は、受信チャンネル $RCH_1$ ( $RCH_{4j-3}$ )からの受信信号(第 $4j-3$ の受信信号)を、A/D変換器 $ADC_1$ 、 $ADC_2$ 、 $ADC_3$ 、 $ADC_4$ ( $ADC_{4j-3}$ 、 $ADC_{4j-2}$ 、 $ADC_{4j-1}$ 、 $ADC_{4j}$ )に出力する。そして図11(B)の $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_3$ 、 $F_4$ に示すように、A/D変換器 $ADC_1$ 、 $ADC_2$ 、 $ADC_3$ 、 $ADC_4$ は、各々、サンプリングクロック $CK_1$ 、 $CK_2$ 、 $CK_3$ 、 $CK_4$ に基づいて、受信チャンネル $RCH_1$ ( $RCH_{4j-3}$ )からの受信信号をサンプリングする。

20

【0118】

第2の期間(第2のフレーム)においては、セレクター $SL_1 \sim SL_4$ は、受信チャンネル $RCH_2$ ( $RCH_{4j-2}$ )からの受信信号(第 $4j-2$ の受信信号)を、A/D変換器 $ADC_1 \sim ADC_4$ に出力する。そしてA/D変換器 $ADC_1 \sim ADC_4$ は、サンプリングクロック $CK_1 \sim CK_4$ に基づいて、受信チャンネル $RCH_2$ ( $RCH_{4j-2}$ )からの受信信号をサンプリングする。

30

【0119】

第3の期間(第3のフレーム)においては、セレクター $SL_1 \sim SL_4$ は、受信チャンネル $RCH_3$ ( $RCH_{4j-1}$ )からの受信信号(第 $4j-1$ の受信信号)を、A/D変換器 $ADC_1 \sim ADC_4$ に出力する。そしてA/D変換器 $ADC_1 \sim ADC_4$ は、各々、サンプリングクロック $CK_1 \sim CK_4$ に基づいて、受信チャンネル $RCH_3$ ( $RCH_{4j-1}$ )からの受信信号をサンプリングする。

【0120】

第4の期間(第4のフレーム)においては、セレクター $SL_1 \sim SL_4$ は、受信チャンネル $RCH_4$ ( $RCH_{4j}$ )からの受信信号(第 $4j$ の受信信号)を、A/D変換器 $ADC_1 \sim ADC_4$ に出力する。そしてA/D変換器 $ADC_1 \sim ADC_4$ は、各々、サンプリングクロック $CK_1 \sim CK_4$ に基づいて、受信チャンネル $RCH_4$ ( $RCH_{4j}$ )からの受信信号をサンプリングする。

40

【0121】

このようにすれば図11(B)の $F_5$ に示すように、実質的なサンプリング間隔が $TS/4$ となり、 $F_1 \sim F_4$ の場合のサンプリング間隔 $TS$ の $1/4$ の長さになる。即ち、4倍のサンプリングレートでサンプリングしたのと等価となる。従って、受信回路全体の動作速度、データレートを変更せずに、各受信チャンネルのサンプリングレートを上げることが可能になり、測定結果画像の距離分解能を更に向上できる。

50

## 【 0 1 2 2 】

## 5. 超音波トランスデューサー素子

図 1 2 ( A ) ~ 図 1 2 ( C ) に、超音波トランスデューサーデバイス 1 0 0 の超音波トランスデューサー素子 1 0 の構成例を示す。この超音波トランスデューサー素子 1 0 は、振動膜 ( メンブレン、支持部材 ) 5 0 と圧電素子部とを有する。圧電素子部は、第 1 電極層 ( 下部電極 ) 2 1、圧電体層 ( 圧電体膜 ) 3 0、第 2 電極層 ( 上部電極 ) 2 2 を有する。

## 【 0 1 2 3 】

図 1 2 ( A ) は、基板 ( シリコン基板 ) 6 0 に形成された超音波トランスデューサー素子 1 0 の、素子形成面側の基板 6 0 に垂直な方向から見た平面図である。図 1 2 ( B ) は、図 1 2 ( A ) の A - A ' に沿った断面を示す断面図である。図 1 2 ( C ) は、図 1 2 ( A ) の B - B ' に沿った断面を示す断面図である。

10

## 【 0 1 2 4 】

第 1 電極層 2 1 は、振動膜 5 0 の上層に例えば金属薄膜で形成される。この第 1 電極層 2 1 は、図 1 2 ( A ) に示すように素子形成領域の外側へ延長され、隣接する超音波トランスデューサー素子 1 0 に接続される配線であってもよい。

## 【 0 1 2 5 】

圧電体層 3 0 は、例えば P Z T ( ジルコン酸チタン酸鉛 ) 薄膜により形成され、第 1 電極層 2 1 の少なくとも一部を覆うように設けられる。なお、圧電体層 3 0 の材料は、P Z T に限定されるものではなく、例えばチタン酸鉛 (  $P b T i O_3$  )、ジルコン酸鉛 (  $P b Z r O_3$  )、チタン酸鉛ランタン (  $( P b, L a ) T i O_3$  ) などを用いてもよい。

20

## 【 0 1 2 6 】

第 2 電極層 2 2 は、例えば金属薄膜で形成され、圧電体層 3 0 の少なくとも一部を覆うように設けられる。この第 2 電極層 2 2 は、図 1 2 ( A ) に示すように素子形成領域の外側へ延長され、隣接する超音波トランスデューサー素子 1 0 に接続される配線であってもよい。

## 【 0 1 2 7 】

振動膜 ( メンブレン ) 5 0 は、例えば  $S i O_2$  薄膜と  $Z r O_2$  薄膜との 2 層構造により開口 4 0 を塞ぐように設けられる。この振動膜 5 0 は、圧電体層 3 0 及び第 1、第 2 電極層 2 1、2 2 を支持すると共に、圧電体層 3 0 の伸縮に従って振動し、超音波を発生させることができる。

30

## 【 0 1 2 8 】

開口 ( 空洞領域 ) 4 0 は、基板 6 0 にアレイ状に配置される。開口 4 0 は、基板 6 0 ( シリコン基板 ) の裏面 ( 素子が形成されない面 ) 側から反応性イオンエッチング ( R I E ) 等によりエッチングすることで形成される。この開口 4 0 の形成によって振動可能になった振動膜 5 0 のサイズによって超音波の共振周波数が決定され、その超音波は圧電体層 3 0 側 ( 図 1 2 ( A ) において紙面奥から手前方向 ) に放射される。

## 【 0 1 2 9 】

超音波トランスデューサー素子 1 0 の下部電極 ( 第 1 電極 ) は、第 1 電極層 2 1 により形成され、上部電極 ( 第 2 電極 ) は、第 2 電極層 2 2 により形成される。具体的には、第 1 電極層 2 1 のうちの圧電体層 3 0 に覆われた部分が下部電極を形成し、第 2 電極層 2 2 のうちの圧電体層 3 0 を覆う部分が上部電極を形成する。即ち、圧電体層 3 0 は、下部電極と上部電極に挟まれて設けられる。

40

## 【 0 1 3 0 】

圧電体層 3 0 は、下部電極と上部電極との間、即ち第 1 電極層 2 1 と第 2 電極層 2 2 との間に電圧が印加されることで、面内方向に伸縮する。超音波トランスデューサー素子 1 0 は、薄手の圧電素子 ( 圧電体層 3 0 ) と金属板 ( 振動膜 5 0 ) を貼り合わせたモノモルフ ( ユニモルフ ) 構造を用いており、圧電体層 3 0 が面内で伸び縮みすると貼り合わせた振動膜 5 0 の寸法はそのままであるため反りが生じる。圧電体層 3 0 に交流電圧を印加することで、振動膜 5 0 が膜厚方向に対して振動し、この振動膜 5 0 の振動により超音波が

50

放射される。

【0131】

この圧電体層30に印加される電圧は、例えば10～30Vであり、周波数は例えば1～10MHzである。即ち、パルクの圧電素子を用いる場合に比べて低電圧で駆動することができ、駆動ICを低耐圧の半導体プロセスで製造することが可能となる。これにより、超音波測定装置のコンパクト化や多チャンネル化を図ることが可能となる。

【0132】

また超音波トランスデューサー素子10は、出射された超音波が対象物で反射されて戻ってくる超音波エコーを受信する受信素子としても動作する。超音波エコーにより振動膜50が振動し、この振動によって圧電体層30に応力が加わり、下部電極と上部電極との間に電圧が発生する。この電圧を受信信号として取り出すことができる。

10

【0133】

6. 超音波トランスデューサーデバイス

図13に、超音波トランスデューサーデバイス100(素子チップ)の構成例を示す。本構成例の超音波トランスデューサーデバイス100は、複数の超音波トランスデューサー素子群UG1～UG64、駆動電極線DL1～DL64(広義には第1～第nの駆動電極線。nは2以上の整数)、コモン電極線CL1～CL8(広義には第1～第mのコモン電極線。mは2以上の整数)を含む。なお、駆動電極線の本数(n)やコモン電極線の本数(m)は、図13に示す本数には限定されない。

【0134】

複数の超音波トランスデューサー素子群UG1～UG64は、第2の方向D2(スキャン方向)に沿って64列に配置される。UG1～UG64の各超音波トランスデューサー素子群は、第1の方向D1(スライス方向)に沿って配置される複数の超音波トランスデューサー素子を有する。

20

【0135】

図14(A)に、超音波トランスデューサー素子群UG(UG1～UG64)の例を示す。図14(A)では、超音波トランスデューサー素子群UGは第1～第4の素子列により構成される。第1の素子列は、第1の方向D1に沿って配置される超音波トランスデューサー素子UE11～UE18により構成され、第2の素子列は、第1の方向D1に沿って配置される超音波トランスデューサー素子UE21～UE28により構成される。第3の素子列(UE31～UE38)、第4の素子列(UE41～UE48)も同様である。これらの第1～第4の素子列には、駆動電極線DL(DL1～DL64)が共通接続される。また、第1～第4の素子列の超音波トランスデューサー素子にはコモン電極線CL1～CL8が接続される。

30

【0136】

そして図14(A)の超音波トランスデューサー素子群UGが、超音波トランスデューサーデバイスの1チャンネルを構成する。即ち、駆動電極線DLが1チャンネルの駆動電極線に相当し、送信回路からの1チャンネルの送信信号は駆動電極線DLに入力される。また駆動電極線DLからの1チャンネルの受信信号は駆動電極線DLから出力される。なお、1チャンネルを構成する素子列数は図14(A)のような4列には限定されず、4列よりも少なくてもよいし、4列よりも多くてもよい。例えば図14(B)に示すように、素子列数は1列であってもよい。

40

【0137】

図13に示すように、駆動電極線DL1～DL64(第1～第nの駆動電極線)は、第1の方向D1に沿って配線される。駆動電極線DL1～DL64のうちの第j(jは1～nである整数)の駆動電極線DLj(第jのチャンネル)は、第jの超音波トランスデューサー素子群UGjの超音波トランスデューサー素子が有する第1の電極(例えば下部電極)に接続される。

【0138】

超音波を出射する送信期間には、送信信号VT1～VT64が駆動電極線DL1～DL

50

64を介して超音波トランスデューサー素子に供給される。また、超音波エコー信号を受信する受信期間には、超音波トランスデューサー素子からの受信信号VR1～VR64が駆動電極線DL1～DL64を介して出力される。

【0139】

コモン電極線CL1～CL8（第1～第mのコモン電極線）は、第2の方向D2に沿って配線される。超音波トランスデューサー素子が有する第2の電極は、コモン電極線CL1～CL8のうちのいずれかに接続される。具体的には、例えば図13に示すように、コモン電極線CL1～CL8のうちの第i（iは1≦i≦mである整数）のコモン電極線CLiは、第i行に配置される超音波トランスデューサー素子が有する第2の電極（例えば上部電極）に接続される。

10

【0140】

コモン電極線CL1～CL8には、コモン電圧VCOMが供給される。このコモン電圧VCOMは一定の直流電圧であればよく、0V、即ちグランド電位（接地電位）でなくてもよい。

【0141】

そして送信期間では、送信信号電圧とコモン電圧との差の電圧が超音波トランスデューサー素子に印加され、所定の周波数の超音波が放射される。

【0142】

なお、超音波トランスデューサー素子の配置は、図13に示すマトリックス配置に限定されず、いわゆる千鳥配置等であってもよい。

20

【0143】

また図12（A）～図14（B）では、1つの超音波トランスデューサー素子が送信素子及び受信素子の両方に兼用される場合について示したが、本実施形態はこれに限定されない。例えば送信素子用の超音波トランスデューサー素子、受信素子用の超音波トランスデューサー素子を別々に設けて、アレイ状に配置してもよい。

【0144】

図15（A）～図15（C）に、本実施形態の超音測定装置（広義には電子機器）の具体的な機器構成の例を示す。図15（A）はハンディタイプの超音測定装置400の例であり、図15（B）は据置タイプの超音測定装置400の例である。図15（C）は超音波プローブ300が本体に内蔵された一体型の超音測定装置400の例である。

30

【0145】

図15（A）、図15（B）の超音測定装置400は、超音波プローブ300と超音波測定装置本体401（広義には電子機器本体）を含み、超音波プローブ300と超音波測定装置本体401はケーブル312により接続される。超音波プローブ300の先端部分には、プローブヘッド320が設けられており、超音波測定装置本体401には、画像を表示する表示部440が設けられている。図15（C）では、表示部440を有する超音波測定装置400に超音波プローブ300が内蔵されている。図15（C）の場合、超音波測定装置400は、例えばスマートフォンなどの汎用の携帯情報端末により実現できる。

【0146】

なお、以上のように本実施形態について詳細に説明したが、本発明の新規事項および効果から実体的に逸脱しない多くの変形が可能であることは当業者には容易に理解できるであろう。従って、このような変形例はすべて本発明の範囲に含まれるものとする。例えば、明細書又は図面において、少なくとも一度、より広義または同義な異なる用語（第1～第MのA/D変換器、第1～第Mの受信チャンネル、第1～第Nのチャンネル等）と共に記載された用語（A/D変換器ADC1～ADC8、受信チャンネルRCH1～RCH8、チャンネルCH1～CH64等）は、明細書又は図面のいかなる箇所においても、その異なる用語に置き換えることができる。また超音波受信回路、超音波測定装置、超音波プローブ、超音波トランスデューサーデバイス、超音波トランスデューサー素子等の構成、動作も本実施形態で説明したものに限定されず、種々の変形実施が可能である。

40

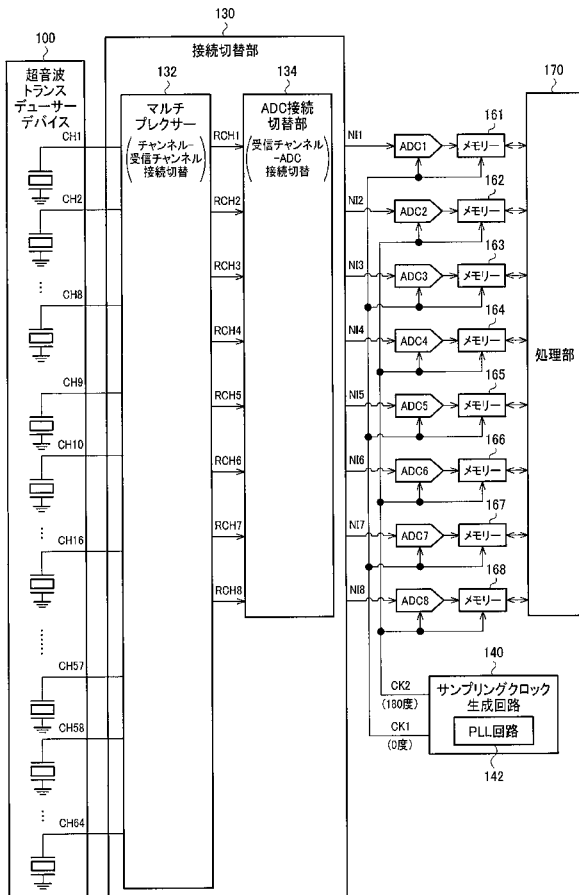
50

【符号の説明】

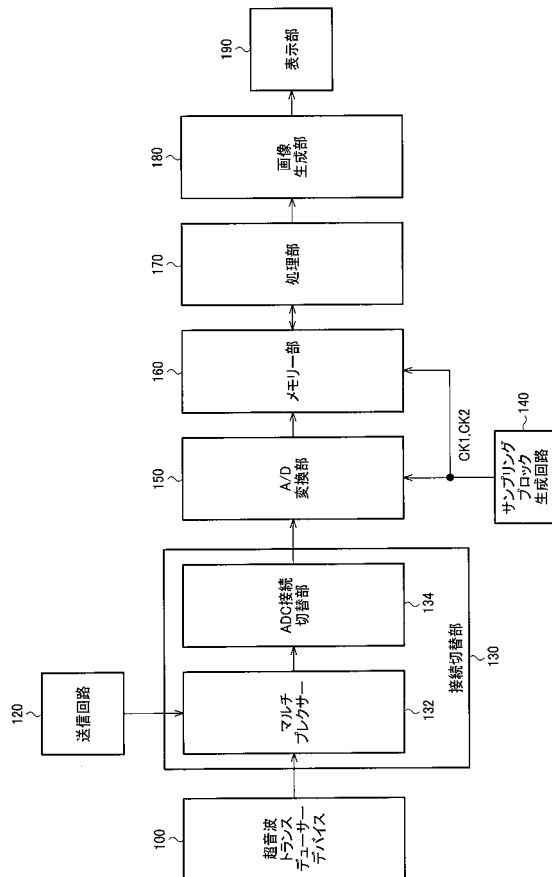
【0147】

- CH1～CH64 チャンネル、RCH1～RCH8 受信チャンネル、
- ADC1～ADC8 A/D変換器、CK1～CK4 サンプリグクロック、
- SL1～SL4 セレクター、NI1～NI8 入力ノード、
- DL1～DL64 駆動電極線、CL1～CL8 コモン電極線、VBS バイアス電圧、
- VT1～VT64 送信信号、VR1～VR64 受信信号、VCOM コモン電圧、
- 10 超音波トランスデューサー素子、21 第1電極層、22 第2電極層、
- 30 圧電体層、40 開口、45 開口部、50 振動膜、60 基板、
- 100 超音波トランスデューサーデバイス、120 送信回路、
- 130 接続切替部、132 マルチプレクサー、134 ADC接続切替部、
- 140 サンプリグクロック生成回路、142 PLL回路、150 A/D変換部、
- 160 メモリー部、161～168 メモリー、170 処理部、180 画像生成部
- 、
- 190 表示部、300 超音波プローブ、312 ケーブル、320 プローブヘッド
- 、
- 400 超音波測定装置、401 超音波測定装置本体、440 表示部

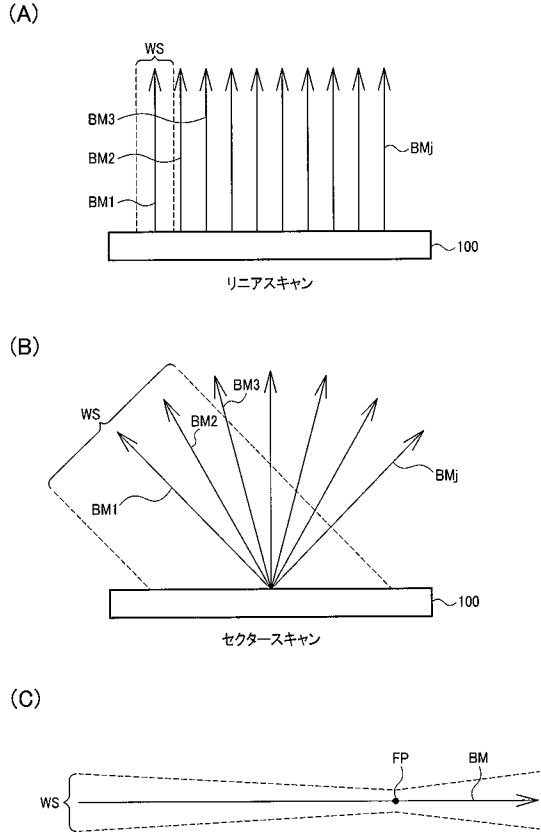
【図1】



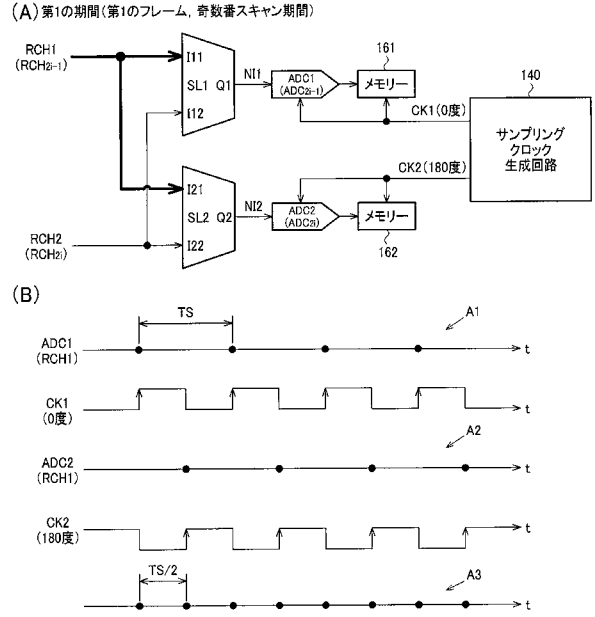
【図2】



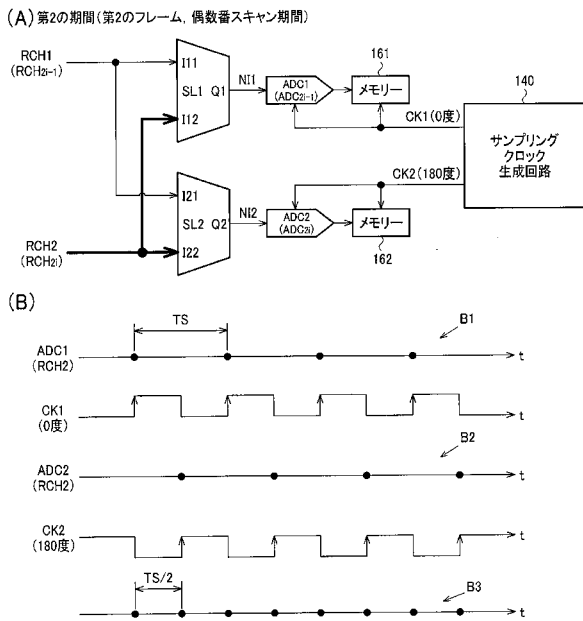
【 図 3 】



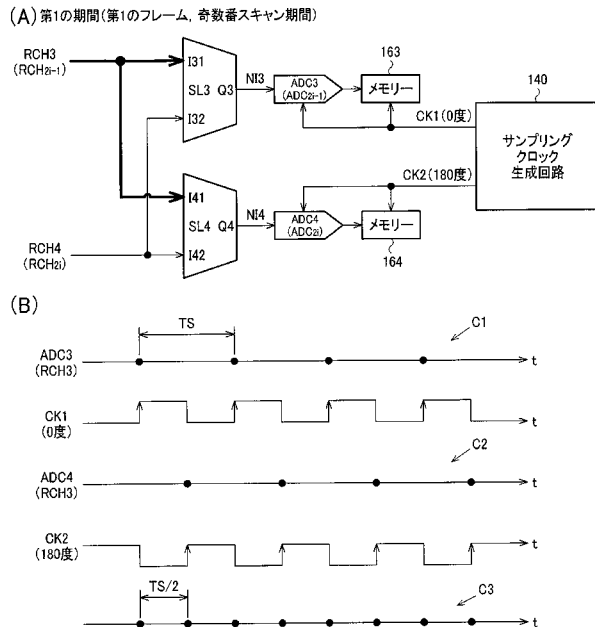
【 図 4 】



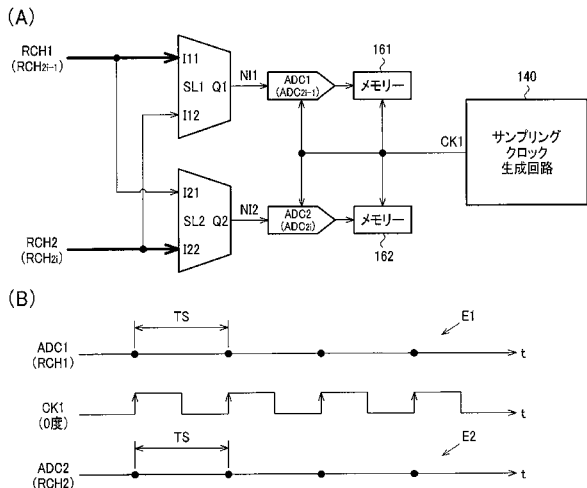
【 図 5 】



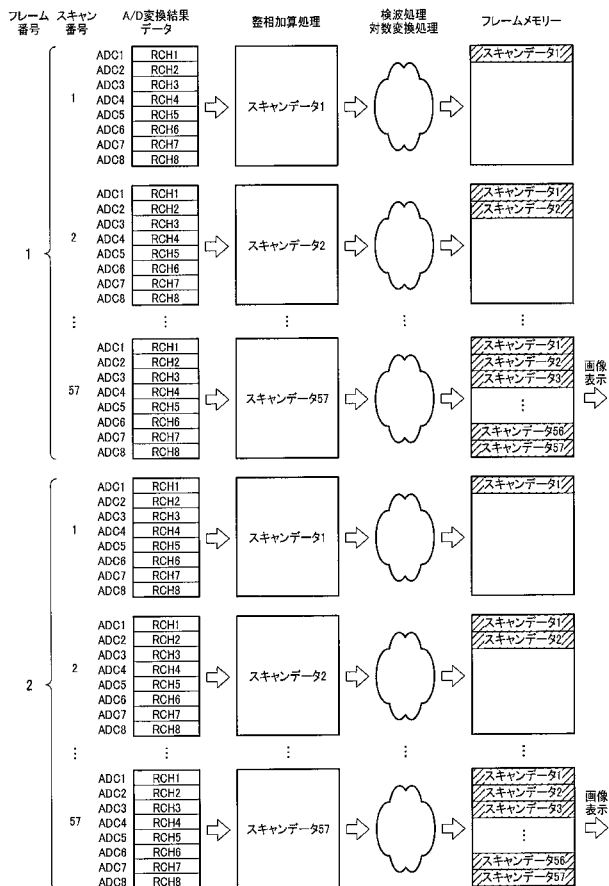
【 図 6 】



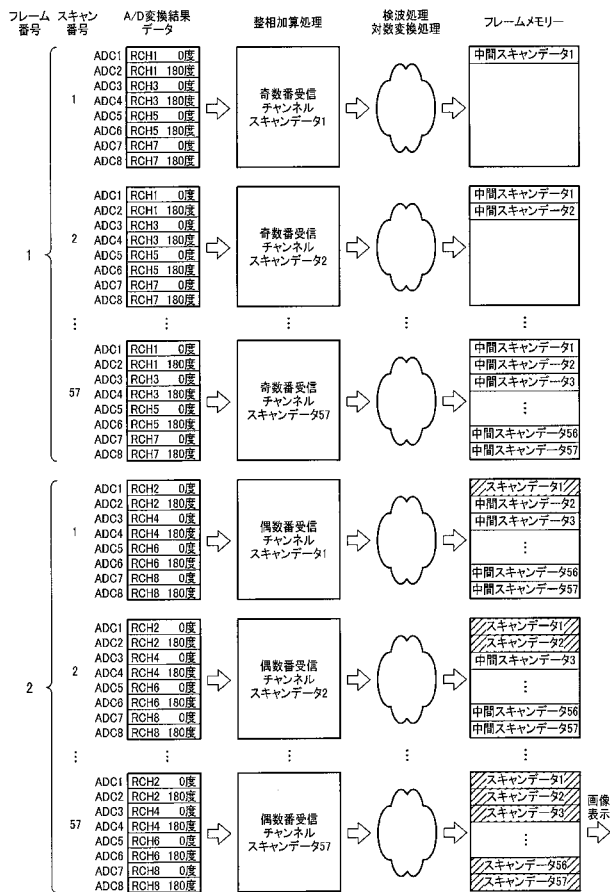
【図7】



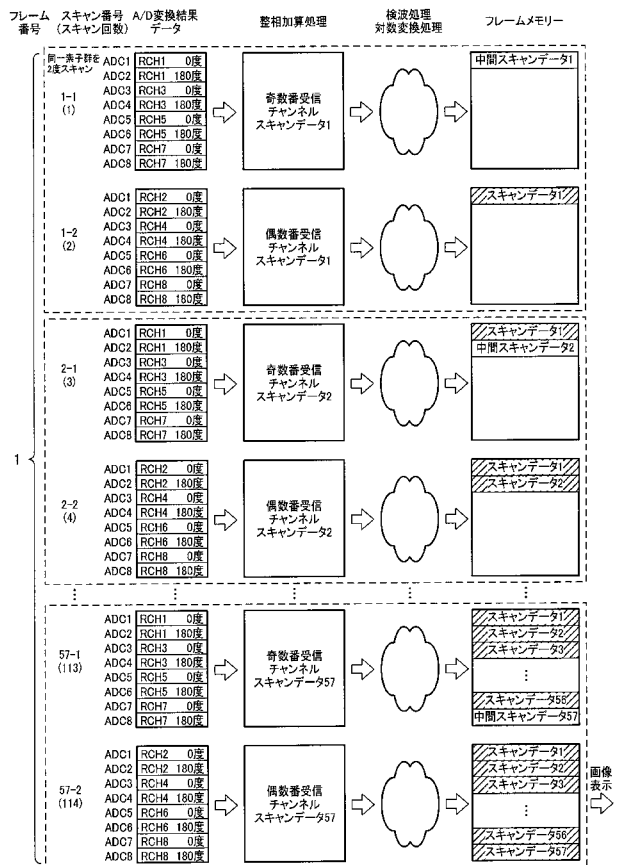
【図8】



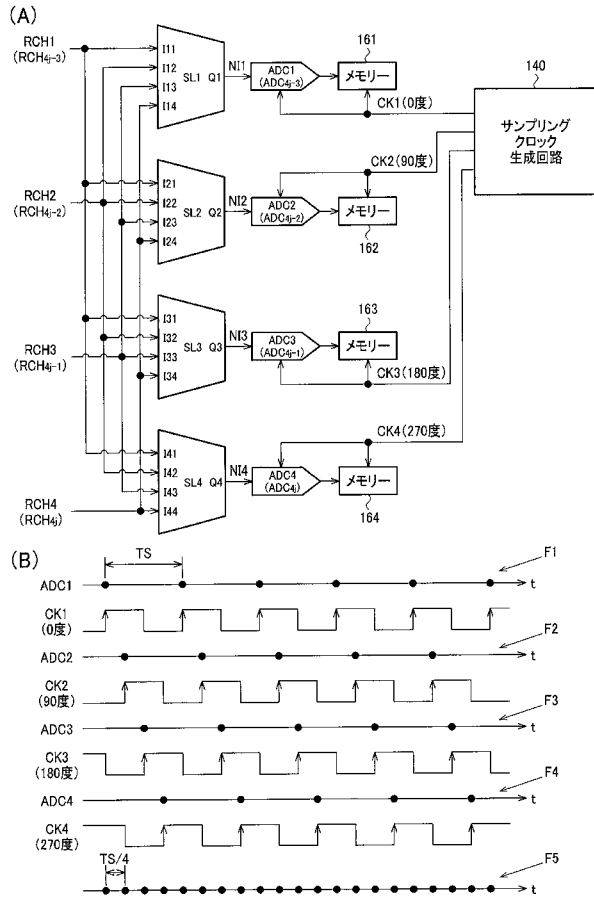
【図9】



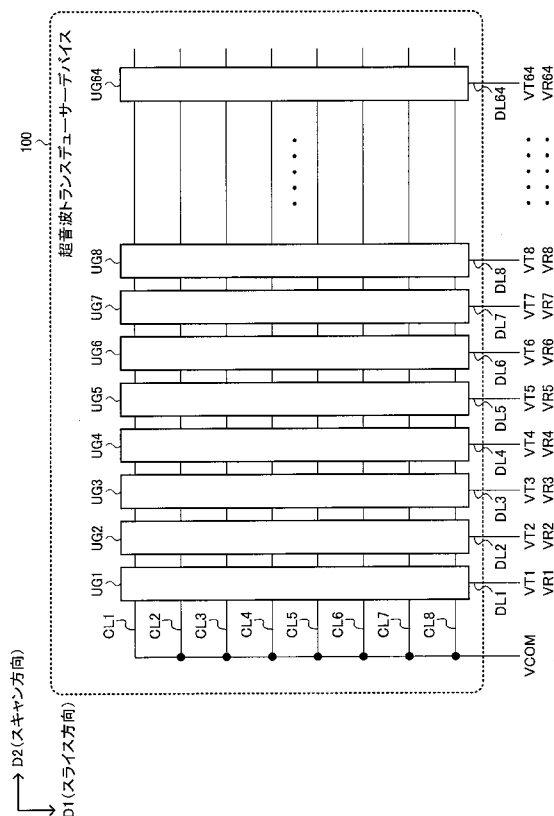
【図10】



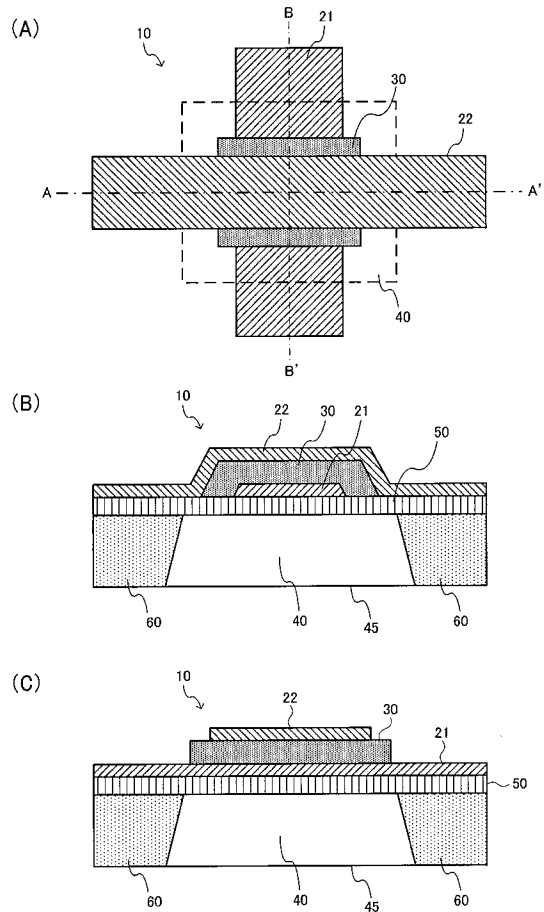
【図11】



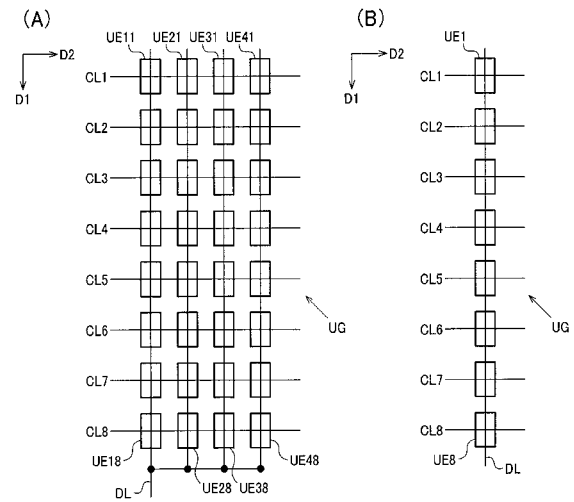
【図13】



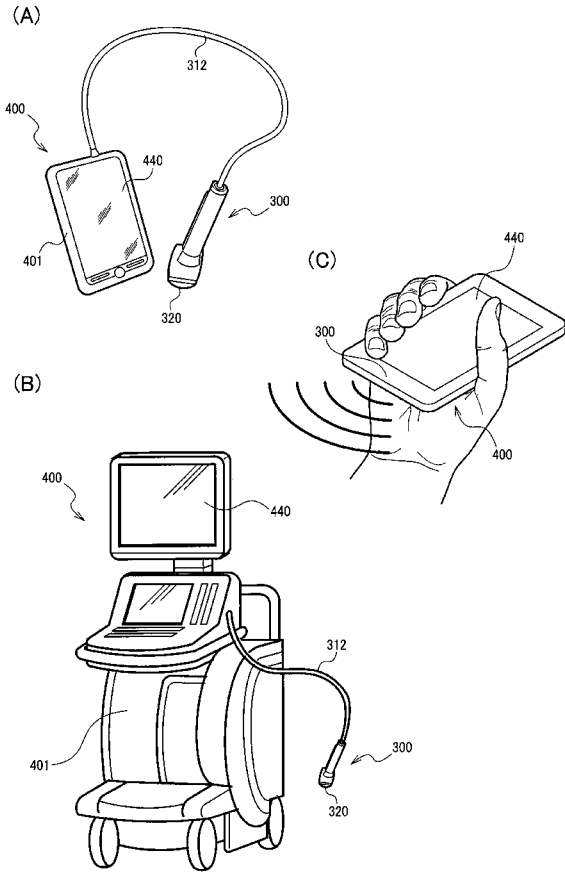
【図12】



【図14】



【 図 1 5 】



---

フロントページの続き

Fターム(参考) 2G047 BA03 BC13 CA01 DB02 EA03 GB02 GB21 GF31 GG09 GG29  
4C601 EE01 GB03 HH16 HH21 JB19 JB37 JB45

专利名称(译)	超声波接收电路，超声波测量装置，超声波探头和超声波诊断装置		
公开(公告)号	<a href="#">JP2014124428A</a>	公开(公告)日	2014-07-07
申请号	JP2012284474	申请日	2012-12-27
[标]申请(专利权)人(译)	精工爱普生株式会社		
申请(专利权)人(译)	精工爱普生公司		
[标]发明人	佐藤 竜一 宫泽 孝雄		
发明人	佐藤 竜一 宫泽 孝雄		
IPC分类号	A61B8/00 G01N29/26		
FI分类号	A61B8/00 G01N29/26.503 G01N29/06 G01N29/24 G01N29/44		
F-TERM分类号	2G047/BA03 2G047/BC13 2G047/CA01 2G047/DB02 2G047/EA03 2G047/GB02 2G047/GB21 2G047/GF31 2G047/GG09 2G047/GG29 4C601/EE01 4C601/GB03 4C601/HH16 4C601/HH21 4C601/JB19 4C601/JB37 4C601/JB45		
代理人(译)	宫坂和彦 渡边和明		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

解决的问题：提供一种超声波接收电路，超声波测量装置，超声波探头，超声波诊断装置等，能够提高超声波测量结果图像的距离分辨率。超声接收电路包括第一至第M A / D转换器ADC1至ADC8，第一至第M接收通道以及第一至第M A / D转换器ADC1至ADC8。包括在两者之间切换连接的连接切换单元和生成具有相同频率但是不同相位的第一和第二采样时钟CK1和CK2的采样时钟产生电路140。连接切换单元130将来自第2i-1个接收通道的接收信号输出到第2i-1个A / D转换器和第2个A / D转换器。第2-1i A / D转换器基于第一采样时钟CK1对第2-1i接收信号进行采样。第2i A / D转换器基于第二采样时钟CK2对第2-1i接收信号进行采样。 [选型图]图1

