

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2019-505285  
(P2019-505285A)

(43) 公表日 平成31年2月28日(2019.2.28)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)  
A 6 1 B 8/14 (2006.01) A 6 1 B 8/14 4 C 6 0 1

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願2018-533874 (P2018-533874)  
(86) (22) 出願日 平成28年10月21日(2016.10.21)  
(85) 翻訳文提出日 平成30年8月7日(2018.8.7)  
(86) 国際出願番号 PCT/US2016/058033  
(87) 国際公開番号 W02017/123303  
(87) 国際公開日 平成29年7月20日(2017.7.20)  
(31) 優先権主張番号 14/997, 381  
(32) 優先日 平成28年1月15日(2016.1.15)  
(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 515244151  
バタフライ ネットワーク、インコーポレイテッド  
アメリカ合衆国、コネチカット州 06437  
ギルフォード、オールド ウィットフィールド ストリート 530  
(74) 代理人 100079108  
弁理士 稲葉 良幸  
(74) 代理人 100109346  
弁理士 大貫 敏史  
(74) 代理人 100117189  
弁理士 江口 昭彦  
(74) 代理人 100134120  
弁理士 内藤 和彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波信号処理回路並びに関連する装置及び方法

(57) 【要約】

超音波信号処理回路並びに関連する装置及び方法について説明する。超音波トランスデューサアレイによって行われるそれぞれの取得に対応する信号サンプルのグループが、フーリエ領域に変換されることによって、かつ1つ又は複数の重み付け関数の適用を介して、処理されることがある。変換された信号のグループは、フーリエ領域で互いに結合されて、画像形成に使用することができるフーリエ合成された信号の組を得ることができる。

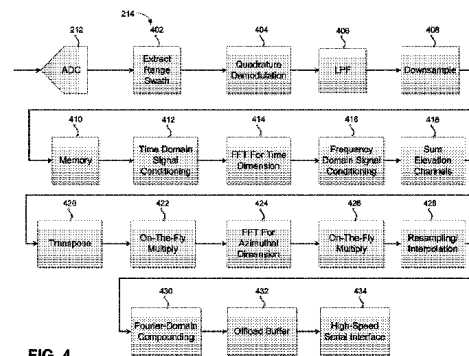


FIG. 4

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

超音波機器であって、  
半導体ダイと、

前記半導体ダイ上に集積され、かつ、超音波信号の検出に応答して電気信号を出力するように構成された、複数のマイクロマシン超音波トランスデューサ素子と、

受信回路であって、前記複数のマイクロマシン超音波トランスデューサ素子に結合され、かつ、

前記複数のマイクロマシン超音波トランスデューサ素子によって供給される第 1 の電気信号に基づいて、第 1 の取得を表す第 1 の信号サンプルの組を取得し、

前記複数のマイクロマシン超音波トランスデューサ素子によって供給される第 2 の電気信号に基づいて、第 2 の取得を表す第 2 の信号サンプルの組を取得し、

前記第 1 の信号サンプルの組にフーリエ変換を適用して第 1 のフーリエ変換済の信号の組を生成し、前記第 2 の信号サンプルの組にフーリエ変換を適用して第 2 のフーリエ変換済の信号の組を生成し、

前記第 1 のフーリエ変換済の信号の組と前記第 2 のフーリエ変換済の信号の組とを結合することによって、フーリエ合成された信号の組を少なくとも部分的に生成する、ように構成された受信回路と、を含む、超音波機器。

**【請求項 2】**

前記受信回路は更に、

複数の超音波マイクロマシントランスデューサ素子によって供給される第 3 の電気信号に基づいて、第 3 の取得を表す第 3 の信号サンプルの組を取得し、

前記第 3 の信号サンプルの組に前記フーリエ変換を適用して、第 3 のフーリエ変換済の信号の組を生成し、

前記第 1 のフーリエ変換済の信号の組と前記第 2 のフーリエ変換済の信号の組と前記第 3 のフーリエ変換済の信号の組とを結合することによって、前記フーリエ合成された信号の組を少なくとも部分的に生成する、ように構成される、請求項 1 に記載の超音波機器。

**【請求項 3】**

前記第 1 の信号サンプルの組は信号サンプルの複数のグループを含み、前記信号サンプルの複数のグループの各々は、複数のチャンネル内のそれぞれのチャンネルに関連付けられている、請求項 1 に記載の超音波機器。

**【請求項 4】**

前記受信回路は、

複素数値データを取得するために、前記第 1 の信号サンプルの組に、時間に関して第 1 の 1 次元の高速フーリエ変換 (FFT) を適用することによって、前記第 1 の信号サンプルの組に前記フーリエ変換を少なくとも部分的に適用するように構成され、前記適用することは、前記信号サンプルの複数のグループの各々に、時間に関して前記第 1 の 1 次元の FFT を適用することを含む、請求項 3 に記載の超音波機器。

**【請求項 5】**

前記受信回路は更に、

前記第 1 の信号サンプルの組に前記第 1 の 1 次元の FFT を適用する前に、前記第 1 の信号サンプルの組に時間領域重み付けを適用するように構成される、請求項 4 に記載の超音波機器。

**【請求項 6】**

前記複素数値データは、複素数値の複数のグループを含み、前記複素数値の複数のグループの各々は、複数の周波数区間におけるそれぞれの周波数区間に関連しており、

前記受信回路は、クロスレンジに関して前記複素数値データに第 2 の 1 次元の FFT を適用することによって、前記第 1 の信号サンプルの組に前記フーリエ変換を少なくとも部分的に適用するように構成され、前記適用することは、前記複素数値の複数のグループの各々に前記第 2 の 1 次元の FFT を適用することを含む、請求項 4 に記載の超音波機器。

10

20

30

40

50

**【請求項 7】**

前記受信回路は更に、

前記複素数値データに前記第 2 の 1 次元の F F T を適用する前に、前記複素数値データに周波数領域重み付けを適用するように構成される、請求項 6 に記載の超音波機器。

**【請求項 8】**

前記第 1 のフーリエ変換済の信号の組は第 1 の複数の複素数値を含み、前記第 2 のフーリエ変換済の信号の組は第 2 の複数の複素数値を含み、前記第 1 のフーリエ変換済の信号の組と前記第 2 のフーリエ変換済の信号の組とを結合することは、前記第 1 の複数の複素数値内の複素数値を、前記第 2 の複数の複素数値内のそれぞれの複素数値と合計することを含む、請求項 1 に記載の超音波機器。

10

**【請求項 9】**

前記フーリエ合成された信号の組は、画像形成に使用するために別の機器に提供される、請求項 1 に記載の超音波機器。

**【請求項 10】**

前記フーリエ合成された信号の組は、高速デジタルインターフェースを介して前記他の機器に提供される、請求項 9 に記載の超音波機器。

**【請求項 11】**

超音波機器によって行われる方法であって、前記超音波機器は、半導体ダイと、前記半導体ダイ上に集積され、かつ超音波信号の検出に应答して電気信号を出力するように構成された、複数のマイクロマシン超音波トランスデューサ素子と、前記複数のマイクロマシン超音波トランスデューサ素子に結合された受信回路と、を含み、前記方法は、前記受信回路を使用して、

20

前記複数のマイクロマシン超音波トランスデューサ素子によって供給される第 1 の電気信号に基づいて、第 1 の取得を表す第 1 の信号サンプルの組を取得することと、

前記複数のマイクロマシン超音波トランスデューサ素子によって供給される第 2 の電気信号に基づいて、第 2 の取得を表す第 2 の信号サンプルの組を取得することと、

前記第 1 の信号サンプルの組にフーリエ変換を適用して第 1 のフーリエ変換済の信号の組を生成し、前記第 2 の信号サンプルの組にフーリエ変換を適用して第 2 のフーリエ変換済の信号の組を生成することと、

前記第 1 のフーリエ変換済の信号の組と前記第 2 のフーリエ変換済の信号の組とを結合することによって、フーリエ合成された信号の組を少なくとも部分的に生成することと、を行うことを含む、方法。

30

**【請求項 12】**

前記受信回路を使用して、

複数の超音波マイクロマシントランスデューサ素子によって供給される第 3 の電気信号に基づいて、第 3 の取得を表す第 3 の信号サンプルの組を取得することと、

前記第 3 の信号サンプルの組に前記フーリエ変換を適用して、第 3 のフーリエ変換済の信号の組を生成することと、

前記第 1 のフーリエ変換済の信号の組と前記第 2 のフーリエ変換済の信号の組と前記第 3 のフーリエ変換済の信号の組とを結合することによって、前記フーリエ合成された信号の組を少なくとも部分的に生成することと、を行うことを更に含む、請求項 11 に記載の方法。

40

**【請求項 13】**

前記第 1 の信号サンプルの組は信号サンプルの複数のグループを含み、前記信号サンプルの複数のグループの各々は、複数のチャンネル内のそれぞれのチャンネルに関連付けられている、請求項 11 に記載の方法。

**【請求項 14】**

前記第 1 の信号サンプルの組に前記フーリエ変換を適用することは、更に、

複素数値データを取得するために、前記第 1 の信号サンプルの組に、時間に関して第 1 の 1 次元の高速フーリエ変換 ( F F T ) を適用することを含み、前記適用することは、前

50

記信号サンプルの複数のグループの各々に、時間に関して前記第 1 の 1 次元の F F T を適用することを含む、請求項 1 3 に記載の方法。

【請求項 1 5】

前記第 1 の信号サンプルの組に前記第 1 の 1 次元の F F T を適用する前に、前記第 1 の信号サンプルの組に時間領域重み付けを適用することを更に含む、請求項 1 4 に記載の方法。

【請求項 1 6】

前記複素数値データは複素数値の複数のグループを含み、前記複素数値の複数のグループの各々は、複数の周波数区間内のそれぞれの周波数区間に関連しており、前記第 1 の信号サンプルの組に前記フーリエ変換を適用することは、更に、クロスレンジに関して前記複素数値データに第 2 の 1 次元の F F T を適用することを含み、前記適用することは、前記複素数値の複数のグループの各々に前記第 2 の 1 次元の F F T を適用することを含む、請求項 1 4 に記載の方法。

10

【請求項 1 7】

前記複素数値データに前記第 2 の 1 次元の F F T を適用する前に、前記複素数値データに周波数領域重み付けを適用することを更に含む、請求項 1 6 に記載の方法。

【請求項 1 8】

前記第 1 のフーリエ変換済の信号の組と前記第 2 のフーリエ変換済の信号の組とを結合する前に、前記第 1 のフーリエ変換済の信号の組及び前記第 2 のフーリエ変換済の信号の組をリサンプリングすることを更に含む、請求項 1 1 に記載の方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照

本出願は、2016年1月15日に出願された米国特許出願第14/997,381号の利益を主張するものであり、この特許出願はその全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【0002】

分野

30

本開示の態様は、超音波信号処理回路、並びに関連する超音波装置及び方法に関する。

【背景技術】

【0003】

背景

医療用途に使用される超音波トランスデューサアレイは、通常、医療用途のための超音波画像を生成するのに必要とされる大量のデータを生成する。所望される画像の品質及び複雑度が高くなると、通常はより多くのデータが必要になる。

【0004】

超音波トランスデューサアレイから超音波システムの制御及び処理電子機器へ複数のチャンネルのアナログ信号を伝送するという問題は、超音波撮像の解像度を改善し、かつ高品質の3D体積測定撮像を可能にするために必要とされる、より大型でより高密度のトランスデューサアレイの実用性を制限している。

40

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0005】

概要

本開示は、信号を処理するために使用されるデジタル回路及びアナログ回路を含む、超音波トランスデューサに基づく撮像システムにおいて、超音波トランスデューサアレイから受信された信号を処理する態様について説明する。デジタル回路は、超音波トランスデューサアレイによって行われるデータの異なる取得に対応する超音波信号のフーリエ領域

50

合成を行うように構成された受信回路を含む。

【0006】

幾つかの実施形態は、超音波機器に関する。超音波機器は、半導体ダイと、この半導体ダイの上に集積され、かつ超音波信号の検出に応答して電気信号を出力するように構成された、複数のマイクロマシン超音波トランスデューサ素子と、この複数のマイクロマシン超音波トランスデューサ素子に結合された受信回路と、を含む。受信回路は、複数のマイクロマシン超音波トランスデューサ素子によって提供される第1の電気信号に基づいて、第1の取得を表す第1の信号サンプルの組を取得し、複数のマイクロマシン超音波トランスデューサ素子によって提供される第2の電気信号に基づいて、第2の取得を表す第2の信号サンプルの組を取得し、第1の信号サンプルの組にフーリエ変換を適用して第1のフーリエ変換済の信号の組を生成し、第2の信号サンプルの組にフーリエ変換を適用して第2のフーリエ変換済の信号の組を生成し、第1のフーリエ変換済の信号の組と第2のフーリエ変換済の信号の組とを結合することによってフーリエ合成された信号の組を少なくとも部分的に生成するように構成される。

10

【0007】

幾つかの実施形態は、半導体ダイと、この半導体ダイの上に集積され、かつ超音波信号の検出に応答して電気信号を出力するように構成された、複数のマイクロマシン超音波トランスデューサ素子と、この複数のマイクロマシン超音波トランスデューサ素子に結合された受信回路と、を含む超音波機器によって行われる方法を提供する。この方法は、受信回路を使用して、複数のマイクロマシン超音波トランスデューサ素子によって提供される第1の電気信号に基づいて、第1の取得を表す第1の信号サンプルの組を取得すること、複数のマイクロマシン超音波トランスデューサ素子によって提供される第2の電気信号に基づいて、第2の取得を表す第2の信号サンプルの組を取得すること、第1の信号サンプルの組にフーリエ変換を適用して第1のフーリエ変換済の信号の組を生成し、第2の信号サンプルの組にフーリエ変換を適用して第2のフーリエ変換済の信号の組を生成すること、及び、第1のフーリエ変換済の信号の組と第2のフーリエ変換済の信号の組とを結合することによってフーリエ合成された信号の組を少なくとも部分的に生成すること、を行うことを含む。

20

【0008】

図面の簡単な説明

30

開示する技術の様々な態様及び実施形態について、以降の図を参照して説明する。なお、図は、必ずしも正確な縮尺で描かれてはいない。複数の図に現れる要素は、それらが現れる全ての図において同じ参照符号によって示されている。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】開示する技術の様々な態様を具現化するモノリシックな超音波機器の例示的な例のブロック図である。

【図2】幾つかの実施形態において、所与のトランスデューサ素子の送信(TX)回路及び受信(RX)回路を使用して、素子を作動させて超音波パルスを放射するか、又は、トランスデューサ素子によって感知された超音波パルスを表す、素子からの信号を受信し、処理し得る方法を示すブロック図である。

40

【図3】本明細書で説明する技術の幾つかの実施形態による、単一基板超音波機器の基板と一体化された超音波トランスデューサの例示的な配列を示す。

【図4】本明細書で説明する技術の幾つかの実施形態による、RX回路のデジタル処理ブロックのブロック図である。

【図5A】本明細書で説明する技術の幾つかの実施形態による、RX回路のデジタル処理ブロックによって行われる処理を示す。

【図5B】本明細書で説明する技術の幾つかの実施形態による、RX回路のデジタル処理ブロックによって行われる処理を示す。

【図5C】本明細書で説明する技術の幾つかの実施形態による、RX回路のデジタル処理

50

ブロックによって行われる処理を示す。

【図 5 D】本明細書で説明する技術の幾つかの実施形態による、R X 回路のデジタル処理ブロックによって行われる処理を示す。

【図 5 E】本明細書で説明する技術の幾つかの実施形態による、R X 回路のデジタル処理ブロックによって行われる処理を示す。

【図 5 F】本明細書で説明する技術の幾つかの実施形態による、R X 回路のデジタル処理ブロックによって行われる処理を示す。

【図 6】本明細書で説明する技術の幾つかの実施形態による、フーリエ領域合成を行うための信号処理方法の一例の流れ図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

詳細な説明

本開示の態様は、超音波トランスデューサアレイから受信した信号のデジタル信号処理に関する。実施形態によっては、超音波トランスデューサアレイ及び回路は、単一の相補型金属酸化膜半導体 (CMOS) チップ若しくは基板上に集積されることがあり、又は、超音波プローブ内の複数のチップ上に存在することがある。本開示は、超音波トランスデューサ素子又は超音波トランスデューサ素子のグループからの信号を処理し、高度な高品質撮像用途のために十分に堅牢なデータを提供するための、独自で、費用対効果が高く、スケラブルな統合された信号処理アーキテクチャを提供する。従って、本開示の態様は、集積された超音波トランスデューサ (例えば、CMOS 超音波トランスデューサ) とデジタル回路とを有する単一基板超音波機器で使用され得るアーキテクチャを提供する。

【0011】

本開示は、超音波トランスデューサに基づく撮像システムにおいて超音波トランスデューサアレイから受信された信号を処理する態様について説明する。特に、本開示は、超音波トランスデューサアレイによって行われるそれぞれの取得に対応する信号のグループを処理する態様について説明する。超音波トランスデューサアレイによって行われるそれぞれの取得に対応する電気信号のグループは、アナログ回路を使用して処理され、サンプリングされてデジタル信号サンプルのグループが取得されることがある。次いで、デジタル信号サンプルのグループは、少なくとも部分的に、フーリエ領域へ変換されることによって、かつ任意選択的に、1つ又は複数の重み付け関数の適用を介して、デジタル回路によって処理されることがある。変換された信号のグループを、フーリエ領域で互いに結合して、画像形成に使用することができるフーリエ合成された信号の組を得ることができる。

【0012】

複数の取得によって得られたデータを使用した超音波画像形成に対する従来の方式では、データを時間領域で合成する。対照的に、本明細書で説明するフーリエ領域合成技術は、信号を合成するのに先立って、得られた信号の調整をフーリエ領域で行うことを可能にし、これにより、より高品質の超音波画像がもたらされる。

【0013】

従って、実施形態によっては、複数のそれぞれの取得中に超音波トランスデューサによって収集された電気信号から、複数の信号サンプルの組が得られる。任意選択的なデータ削減及び時間領域調整の後、複数の信号サンプルの組の各々がフーリエ領域に変換されることがあり、周波数領域調整を適用した後、変換された信号サンプルの組をフーリエ領域で合成して、超音波画像形成で使用するためのフーリエ合成済データを得ることができる。

【0014】

実施形態によっては、ある取得に対応する信号サンプルの組は、2段階でフーリエ領域に変換されることがある。この2段階のそれぞれにおいて、1次元の高速フーリエ変換 (FFT) が信号サンプルの組に適用される。信号サンプルの組は、信号サンプルの複数のグループを含むことがあり、この複数のグループの各々がチャンネルに対応する。第1の段階では、1次元のFFTが信号サンプルの複数のグループの各々に時間に関して適用され

10

20

30

40

50

る。第1の段階によって行われる処理の結果として得られる複素数値データは、複素数値の複数のグループを含み、この複素数値の複数のグループの各々は、複数の周波数区間におけるそれぞれの周波数区間に対応する。第2の段階では、複素数値の複数のグループの各々に1次元のFFTが適用される。

【0015】

上述した態様及び実施形態、並びに追加の態様及び実施形態について、以下で更に説明する。これらの態様及び/又は実施形態は、個別に、全て一緒に、又は2つ以上の任意の組み合わせで使用されてもよい、というのも、本明細書で説明する技術は、この点において限定されないからである。

【0016】

図1は、本明細書で説明する技術の様々な態様を具現化するモノリシックな超音波機器100の例示的な例を示す。図示するように、機器100は、1つ又は複数のトランスデューサ配列(例えば、アレイ)102、送信(TX)回路104、受信(RX)回路106、タイミング及び制御回路108、信号調整/処理回路110、電力管理回路118、並びに/又は高密度焦点式超音波(HIFU)コントローラ120を含むことがある。図示した実施形態では、図示した要素の全てが単一の半導体ダイ112上に形成されている。しかしながら、代替の実施形態では、図示した要素のうちの1つ又は複数のは、代わりにチップ外に配置されることがあることを理解されたい。更に、図示した例はTX回路104とRX回路106の両方を示しているが、代替の実施形態では、TX回路のみ又はRX回路のみが使用されることがある。例えば、そのような実施形態は、1つ又は複数の送信専用機器100を使用して音響信号を送信し、かつ、1つ又は複数の受信専用機器100を使用して、超音波で撮像される被験者を透過した又は被験者から反射された音響信号を受信する、という状況において、使用されることがある。

【0017】

なお、図示した構成要素の1つ又は複数間の通信は、多数の方法のうちのいずれかで行われることがある。実施形態によっては、例えば、統合されたノースブリッジなどによって使用される1つ又は複数の高速バス(図示せず)を使用して、高速のチップ内通信、又は1つ若しくは複数のオフチップ構成要素との通信を可能にすることができる。

【0018】

1つ又は複数のトランスデューサアレイ102は、多数の形態のうちのいずれかをとることができ、本技術の態様は、任意の特定のタイプ又は構成のトランスデューサセル又はトランスデューサ素子の使用を必ずしも必要としない。実際、この明細書では「アレイ」という用語が使用されるが、実施形態によっては、トランスデューサ素子はアレイ状に構成されず、代わりに、何らかの非アレイの様式で並べられることがあることを理解されたい。様々な実施形態では、アレイ102内のトランスデューサ素子の各々は、例えば、1つ若しくは複数の静電容量型マイクロマシン超音波トランスデューサ(CMUT)、1つ若しくは複数のCMOS超音波トランスデューサ(CUT)、1つ若しくは複数の圧電型マイクロマシン超音波トランスデューサ(PMUT)、及び/又は1つ若しくは複数の他の適切な超音波トランスデューサセルを含むことがある。実施形態によっては、トランスデューサアレイ102のトランスデューサ素子は、TX回路104及び/又はRX回路106の電子機器と同一のチップ上に形成されることがある。トランスデューサ素子102、TX回路104、及びRX回路106は、実施形態によっては、単一の超音波プローブ内で一体化されていることがある。実施形態によっては、単一の超音波プローブは、手持ち式のプローブであることがある。他の実施形態では、単一の超音波プローブは、患者に結合することができるパッチ内に具現化されることがある。パッチは、パッチによって収集されたデータを更なる処理のために1つ又は複数の外部機器に無線で送信するように構成されることがある。

【0019】

CUTは、例えば、CMOSウェハに形成された空洞を含むことがあり、膜が空洞の上に覆い被さり、実施形態によっては空洞を密閉する。覆われた空洞構造からトランスデ

10

20

30

40

50

ーサセルを生成するために、電極が設けられることがある。CMOSウェハは、トランスデューサセルを接続することができる集積回路を含むことがある。トランスデューサセル及びCMOSウェハは、モノリシックに統合されることがあり、従って、単一の基板(CMOSウェハ)上に集積された超音波トランスデューサセル及び集積回路を形成することができる。

#### 【0020】

TX回路104(含まれる場合)は、例えば、撮像に使用されることになる音響信号を生成するために、トランスデューサレイ102の個々の素子、又はトランスデューサレイ102内の1つ若しくは複数の素子のグループを駆動するパルスを生成することがある。一方、RX回路106は、音響信号がトランスデューサレイ102の個々の素子に当たったときにそのような素子によって生成される電気信号を受信し、処理することがある。

10

#### 【0021】

実施形態によっては、タイミング及び制御回路108は、例えば、機器100の他の素子の動作を同期させ連携させるために使用されるタイミング信号及び制御信号の全てを生成する役割を担うことがある。図示した例では、タイミング及び制御回路108は、入力ポート116に供給される単一のクロック信号CLKによって駆動される。クロック信号CLKは、例えば、オンチップの回路構成要素のうちの一つ又は複数を駆動するために使用される高周波クロックであることがある。実施形態によっては、クロック信号CLKは、例えば、信号調整/処理回路110内の高速シリアル出力機器(図1には図示せず)を駆動するために使用される1.5625GHz若しくは2.5GHzのクロックか、又は、ダイ112上の他のデジタル構成要素を駆動するために使用される20MHz若しくは40MHzのクロックであることがあり、タイミング及び制御回路108は、必要に応じてクロックCLKを分周又は逡倍して、ダイ112上の他の構成要素を駆動することがある。他の実施形態では、(上記で参照したような)異なる周波数の2つ以上のクロックが、オフチップのソースからタイミング及び制御回路108に別々に供給されることがある。

20

#### 【0022】

電力管理回路118は、例えば、オフチップソースからの一つ又は複数の入力電圧 $V_{IN}$ を、チップの動作を実行するのに必要な電圧に変換する役割と、機器100内の電力消費を別の態様で管理する役割と、を担うことがある。実施形態によっては、例えば、単一の電圧(例えば、12V、80V、100V、120V、等)がチップに供給されることがあり、電力管理回路118は、電荷ポンプ回路を使用して、又は何らかの他のDC/DC電圧変換機構を介して、必要に応じて、その電圧を昇圧又は降圧することがある。他の実施形態では、処理のためかつ/又は他のオンチップ構成要素への分配のために、複数の異なる電圧が電力管理回路118に別々に供給されることがある。

30

#### 【0023】

図1に示すように、実施形態によっては、HIFUコントローラ120は、トランスデューサレイ102の一つ又は複数の素子を介してHIFU信号を生成可能にするように、ダイ112上に集積されることがある。他の実施形態では、トランスデューサレイ102を駆動するためのHIFUコントローラは、チップ外に、又は更には機器100とは別個の機器内に配置されることがある。即ち、本開示の態様は、超音波撮像能力の有り無し両方での、超音波オンチップHIFUシステムの提供に関する。しかしながら、幾つかの実施形態は、HIFU能力を有さないことがあり、従って、HIFUコントローラ120を含まないことがあることを、理解されたい。

40

#### 【0024】

更に、HIFUコントローラ120は、HIFU機能を提供する実施形態において、別個の回路を表わさないことがあることを、理解されたい。例えば、実施形態によっては、図1の残りの回路(HIFUコントローラ120以外)が、超音波撮像機能及び/又はHIFUを提供するのに適していることがある、即ち、実施形態によっては、同一の共用回

50

路が撮像システムとしてかつ/又はH I F U用として動作することがある。撮像機能又はH I F U機能が発揮されるかどうかは、システムに供給される電力に依存することがある。H I F Uは通常、超音波撮像よりも高い電力で動作する。従って、撮像用途に適した第1の電力レベル(又は電圧レベル)をシステムに供給することにより、システムを撮像システムとして動作させることができ、一方、より高い電力レベル(又は電圧レベル)を供給することにより、システムをH I F Uのために動作させることができる。そのような電力管理は、実施形態によっては、オフチップの制御回路によって提供されることがある。

#### 【0025】

異なる電力レベルを使用することに加えて、撮像用途及びH I F U用途は異なる波形を利用することがある。従って、波形生成回路を使用して、システムを撮像システム又はH I F Uシステムのいずれかとして動作させるために適切な波形を供給することができる。

10

#### 【0026】

実施形態によっては、システムは、撮像システム及びH I F Uシステムの両方(例えば、画像誘導H I F Uを提供することができる)として動作することがある。幾つかのそのような実施形態では、同一のオンチップ回路が両方の機能を提供するために利用されることがあり、2つの様式の間動作を制御するために適切なタイミングシーケンスが使用される。

#### 【0027】

図示した例では、1つ又は複数の出力ポート114が、信号調整/処理回路110の1つ又は複数の構成要素によって生成された高速シリアルデータストリームを出力することがある。そのようなデータストリームは、例えば、ダイ112上に集積された1つ若しくは複数のU S B 3 . 0モジュール及び/又は1つ若しくは複数の10 G B、40 G B、若しくは100 G Bイーサネットモジュールによって生成されることがある。実施形態によっては、出力ポート114上に生成された信号ストリームは、2次元、3次元、及び/又は断層撮影画像を生成及び/又は表示するために、コンピュータ、タブレット、又はスマートフォンに供給することができる。画像形成機能が信号調整/処理回路110に組み込まれている実施形態では、比較的到低電力の機器、例えば、アプリケーションを実行するために利用可能な処理能力及びメモリの量が限られているスマートフォン又はタブレットなどであっても、出力ポート114からのシリアルデータストリームのみを使用して画像を表示することができる。上述したように、デジタルデータストリームをオフロードするためにオンチップのアナログ/デジタル変換及び高速シリアルデータリンクを使用することは、本明細書で説明する技術の幾つかの実施形態による「超音波オンチップ」ソリューションを促進するのに役立つ特徴の1つである。

20

30

#### 【0028】

図1に示すような機器100を、多数の撮像用途及び/又は治療(例えば、H I F U)用途のうちの任意のものにおいて使用することができ、本明細書で考察する特定の例は、限定するものとしてみなされるべきではない。1つの例示的な実施態様では、例えば、C M U T素子のN x M平面又は実質的に平面のアレイを含む撮像機器自体を使用して、1つ又は複数の送信段階中にアレイ102内の幾つか又は全ての素子を(まとめて又は個別に)通電し、かつ各受信段階中に、C M U T素子が被験者によって反射された音響信号を感知するように、1つ又は複数の受信段階中にアレイ102内の幾つか又は全ての素子によって生成された信号を受け取り、処理することにより、被験者、例えば人体の腹部、の超音波画像を取得することができる。他の実施態様では、アレイ102内の素子のうちの一部を音響信号を送信するためだけに使用し、同時に同じアレイ102内の他の素子を音響信号を受信するためだけに使用することがある。更に、実施態様によっては、単一の撮像機器が、個々の機器のP x Qアレイ、又はC M U T素子の個々のN x M平面アレイのP x Qアレイを含むことがあり、それらのコンポーネントは、単一の機器100で又は単一のダイ112上に具現化し得るよりも多数のC M U T素子からデータを蓄積できるようにするために、並列に、逐次的に、又は他のタイミング方式に従って、動作することができる。

40

50

## 【0029】

更に他の実施態様では、1対の撮像機器を被験者を挟むように配置することができ、その結果、被験者の一方の側の撮像機器の機器100内の1つ又は複数のCMUT素子が、被験者の他方の側の撮像機器の機器100内の1つ又は複数のCMUT素子によって生成された音響信号を、そのようなパルスが被験者によって実質的に減衰されない限り、感知することができる。更に、実施態様によっては、同一の機器100を使用して、それ自体のCMUT素子の1つ又は複数からの音響信号の散乱と、被験者の反対側にある別の撮像機器に配置されたCMUT素子の1つ又は複数からの音響信号の透過との両方を測定することができる。

## 【0030】

図2は、幾つかの実施形態において、所与のトランスデューサ素子204のTX回路104及びRX回路106を使用して、トランスデューサ素子204を作動させて超音波パルスを放射するか、又は、トランスデューサ素子によって感知された超音波パルスを表す、トランスデューサ素子204からの信号を受信し、処理し得る方法を示すブロック図である。実施態様によっては、TX回路104は「送信」段階中に使用されることがあり、RX回路は、送信段階とは重複しない「受信」段階中に使用されることがある。他の実施態様では、TX回路104及びRX回路106のうちの一方は、超音波ユニットの対が透過撮像のみのために使用される場合などには、所与の機器100で単に使用されないことがある。上述したように、実施形態によっては、機器100は、代替的に、TX回路104のみ又はRX回路106のみを採用することがあり、本技術の態様は、そのようなタイプの回路の両方が存在することを必ずしも必要としない。様々な実施形態では、TX回路104及び/又はRX回路106は、単一のトランスデューサセル（例えば、CUT又はCMUT）、単一のトランスデューサ素子204内部の2つ以上のトランスデューサセルのグループ、トランスデューサセルのグループを含む単一のトランスデューサ素子204、アレイ102内部の2つ以上のトランスデューサ素子204のグループ、又は、トランスデューサ素子204のアレイ102全体、に関連付けられた1つのTX回路及び/又は1つのRX回路を含むことがある。

## 【0031】

図2に示した例では、TX回路104/RX回路106は、アレイ102内の各トランスデューサ素子204毎に別個のTX回路及び別個のRX回路を含んでいるが、タイミング及び制御回路108並びに信号調整/処理回路110のそれぞれの1つのインスタンスのみが存在する。従って、そのような実施態様では、タイミング及び制御回路108は、ダイ112上のTX回路104/RX回路106の全ての組み合わせの動作を同期させ調整する役割を担うことがあり、信号調整/処理回路110は、ダイ112上の全てのRX回路106からの入力を処理する役割を担うことがある。他の実施形態では、タイミング及び制御回路108は、各トランスデューサ素子204毎に、又はトランスデューサ素子204のグループ毎に、複製されることがある。

## 【0032】

図2に示すように、機器100内の様々なデジタルコンポーネントを駆動するためにクロック信号を生成及び/又は分配するのに加えて、タイミング及び制御回路108は、TX回路104の各TX回路の動作を有効にするための「TX有効化」信号か、又はRX回路106の各RX回路の動作を有効にするための「RX有効化」信号のいずれかを出力することがある。図示した例では、RX回路106内のスイッチ202は、TX回路104の出力がRX回路106を駆動するのを防止するために、TX回路104が有効になる前には常に開かれていることがある。スイッチ202は、トランスデューサ素子204によって生成された信号をRX回路106が受信し、処理することができるように、RX回路106の動作が有効になると、閉じられることがある。

## 【0033】

図示するように、それぞれのトランスデューサ素子204に対するTX回路104は、波形生成器206及びパルサー208の両方を含むことがある。波形発生器206は、例

10

20

30

40

50

えば、パルサー 208 に印加されることになる波形を生成する役割を担うことがあり、パルサー 208 が、生成された波形に対応する駆動信号をトランスデューサ素子 204 に出力するようにする。

#### 【0034】

図 2 に示した例では、それぞれのトランスデューサ素子 204 の R X 回路 106 は、アナログ処理ブロック 210、アナログ/デジタル変換器 (ADC) 212、及びデジタル処理ブロック 214 を含む。ADC 212 は、例えば、10 ビット又は 12 ビットの 20 Msps、25 Msps、40 Msps、50 Msps、又は 80 Msps の ADC を含むことがある。

#### 【0035】

デジタル処理ブロック 214 で処理にかけられた後で、ダイ 112 上の全ての R X 回路の出力 (その数は、この例では、チップ上のトランスデューサ素子 204 の数に等しい) は、信号調整/処理回路 110 内のマルチプレクサ (MUX) 216 に供給される。他の実施形態では、トランスデューサ素子の数は R X 回路の数より多く、幾つかのトランスデューサ素子が単一の R X 回路に信号を供給する。MUX 216 は R X 回路からのデジタルデータを多重化し、MUX 216 の出力は、データが例えば 1 つ又は複数の高速シリアル出力ポート 114 を介してダイ 112 から出力される前の最終処理のために、信号調整/処理回路 110 内の多重化済デジタル処理ブロック 218 に供給される。MUX 216 は任意選択的であり、実施形態によっては、並列信号処理が行われる。高速シリアルデータポートは、ブロック間若しくはブロック内の任意のインターフェース、チップ間の任意のインターフェース、及び/又はホストへの任意のインターフェースに設けることができる。アナログ処理ブロック 210 及び/又はデジタル処理ブロック 214 内の様々な構成要素は、高速シリアルデータリンク又は別の方法を介してダイ 112 から出力される必要があるデータの量を低減することができる。実施形態によっては、例えば、アナログ処理ブロック 210 及び/又はデジタル処理ブロック 214 内の 1 つ又は複数の構成要素は、改善された信号対雑音比 (SNR) で、かつ多様な波形に適合した態様で、透過及び/又は散乱した超音波圧力波を R X 回路 106 が受信できるように作用することがある。そのような素子を含むことで、実施形態によっては、開示する「超音波オンチップ」ソリューションを更に促進及び/又は強化することができる。

#### 【0036】

アナログ処理ブロック 210 内に任意選択的に含むことができる特定の構成要素を以下で説明するが、そのようなアナログ構成要素に対するデジタル相当物が、デジタル処理ブロック 214 で追加的に又は代替的に用いられることがあることを理解されたい。逆もまた真である。即ち、デジタル処理ブロック 214 内に任意選択的に含むことができる特定の構成要素を以下で説明するが、そのようなデジタル構成要素に対するアナログ相当物が、アナログ処理ブロック 210 で追加的に又は代替的に用いられることがあることを理解されたい。

#### 【0037】

##### 超音波トランスデューサの配置

図 3 は、複数の超音波回路モジュール 304 が上に形成された超音波機器の基板 302 (例えば、半導体基板) を示す。図示するように、超音波回路モジュール 304 は、複数の超音波素子 306 を含むことがある。超音波素子 306 は、複数の超音波トランスデューサ 308 を含むことがある。

#### 【0038】

図示した実施形態では、基板 302 は、2 行 7 2 列を有するアレイとして配置された 1 4 4 個のモジュールを含む。しかしながら、単一基板超音波機器の基板は、任意の適切な数の行及び列を有するモジュールの 2 次元のアレイとして又は任意の他の適切な態様で配置することができる、任意の適切な数の超音波回路モジュール (例えば、少なくとも 2 個のモジュール、少なくとも 10 個のモジュール、少なくとも 100 個のモジュール、少なくとも 1000 個のモジュール、少なくとも 5000 個のモジュール、少なくとも 10、

10

20

30

40

50

000個のモジュール、少なくとも25,000個のモジュール、少なくとも50,000個のモジュール、少なくとも100,000個のモジュール、少なくとも250,000個のモジュール、少なくとも500,000個のモジュール、2個~100万個のモジュールの間、等)を含むことがあることを理解されたい。

#### 【0039】

図示する実施形態では、各超音波回路モジュール304は、32行2列を有するアレイとして配置された64個の超音波素子を含む。しかしながら、超音波回路モジュールは、任意の適切な数の行及び列を有する超音波素子の2次元のアレイとして又は任意の他の適切な態様で配置することができる、任意の適切な数の超音波素子(例えば、1個の超音波素子、少なくとも2個の超音波素子、少なくとも4個の超音波素子、少なくとも8個の超音波素子、少なくとも16個の超音波素子、少なくとも32個の超音波素子、少なくとも64個の超音波素子、少なくとも128個の超音波素子、少なくとも256個の超音波素子、少なくとも512個の超音波素子、2個~1024個の素子の間、少なくとも2500個の素子、少なくとも5,000個の素子、少なくとも10,000個の素子、少なくとも20,000個の素子、1000個~20,000個の素子の間、等)を含むことがあることを理解されたい。

10

#### 【0040】

図示した実施形態では、各超音波素子306は、4行4列を有する2次元のアレイとして配置された16個の超音波トランスデューサを含む。しかしながら、超音波素子は、任意の適切な数の行及び列を有する2次元のアレイ(正方形又は長方形)として又は任意の他の適切な態様で配置することができる、任意の適切な数の超音波トランスデューサ(例えば、1個、少なくとも2個、少なくとも4個、少なくとも16個、少なくとも25個、少なくとも36個、少なくとも49個、少なくとも64個、少なくとも81個、少なくとも100個、1個~200個の間、等)を含むことがあることを理解されたい。

20

#### 【0041】

上述した構成要素(例えば、超音波送信ユニット、超音波素子、超音波トランスデューサ)のいずれも、1次元のアレイとして、2次元のアレイとして、又は任意の他の適切な態様で配置することができることを、理解されたい。

#### 【0042】

実施形態によっては、超音波回路モジュールは、1つ又は複数の超音波素子に加えて回路を含むことがある。例えば、超音波回路モジュールは、1つ若しくは複数の波形発生器、及び/又は任意の他の適切な回路を含むことがある。

30

#### 【0043】

実施形態によっては、モジュール相互接続回路が、基板302と統合され、超音波回路モジュール同士を互いに接続してデータが超音波回路モジュール間を流れることができるように構成されることがある。例えば、機器モジュール相互接続回路は、隣接する超音波回路モジュール間の接続性を提供することがある。このようにして、超音波回路モジュールは、機器の1つ又は複数の他の超音波回路モジュールにデータを提供するように、かつ/又は機器の1つ又は複数の他の超音波回路モジュールからデータを受け取るように構成されることがある。

40

#### 【0044】

##### デジタル信号処理回路

図4は、本明細書で説明する技術の幾つかの実施形態による、RX回路106のデジタル処理ブロック214のブロック図である。デジタル処理ブロック214は、ADC212からデジタル信号サンプルを受け取り、この信号サンプルを処理し、画像形成処理におけるその後の使用のために処理済信号サンプルを高速シリアルインターフェースに提供する、信号処理回路として構成される。ブロック214によって行われる信号処理は、データ削減、データ圧縮、及び/又はダウンサンプリングのための処理、様々な物理的効果及び回路効果を補償するための処理、並びに、複数の異なる取得によって得られたデータのフーリエ領域合成の実施を含むことがあるが、これらには限定されない。

50

## 【 0 0 4 5 】

図 4 に示すように、信号処理回路は、抽出レンジスワスブロック 4 0 2、直交復調ブロック 4 0 4、低域通過フィルタ（LPF）として示されるフィルタブロック 4 0 6、ダウンサンプリングブロック 4 0 8、メモリ 4 1 0、時間領域信号調整ブロック 4 1 2、高速フーリエ変換（FFT）ブロック 4 1 4、周波数領域信号調整ブロック 4 1 6、合計エレベーションチャンネルブロック 4 1 8、転置ブロック 4 2 0、第 1 の乗算ブロック 4 2 2、第 2 の FFT ブロック 4 2 4、第 2 の乗算ブロック 4 2 6、リサンプリング/内挿ブロック 4 2 8、フーリエ領域合成ブロック 4 3 0、オフロードバッファブロック 4 3 2、及び、信号処理チェーンの出力が供給されることがある高速シリアルインターフェースブロック 4 3 4 を含む。次いで、高速シリアルインターフェース 4 3 4 を介してオフロードされたデータを使用して、任意の適切な画像形成技術を用いて 1 つ又は複数の画像を形成することができる、というのも、本明細書に説明する技術の態様は、この点において限定されないからである。

10

## 【 0 0 4 6 】

図 4 の信号処理回路は、単一の超音波トランスデューサ素子又は超音波トランスデューサ素子のグループから ADC 2 1 2 を介して受け取った信号を処理する。従って、信号処理チェーンの少なくとも一部が、各超音波トランスデューサ素子又は超音波トランスデューサ素子のグループ毎に、繰り返される。例えば、実施形態によっては、ブロック 4 0 2 ~ 4 1 0 は、各超音波トランスデューサ素子又は超音波トランスデューサ素子のグループ毎に繰り返されることがあり、処理された超音波データをメモリ 4 1 0 に格納し、その後で、ブロック 4 1 2 ~ 4 3 4 はメモリ 4 1 0 に格納された超音波データを処理することができる。ブロック 4 1 2 ~ 4 3 4 は、メモリ 4 1 0 に格納された処理済超音波データの全てに対して、又はメモリ 4 1 0 に格納された処理済データの一部に対して繰り返して、適用されることがあり、その結果、メモリ 4 1 0 に格納された処理済超音波データは、時間多重化に基づいて塊で処理される。1 つの非限定的な例として、ブロック 4 0 2 ~ 4 1 0 は、超音波機器によって行われた複数の取得を表すデータがメモリ 4 1 0 に格納されるまで、繰り返されることがある。次いで、ブロック 4 1 2 ~ 4 3 4 は、例えば、以下で更に詳細に説明するように、フーリエ領域合成を行うことにより、複数の取得中に得られたデータを（一度に、又は複数の塊で）処理することがある。

20

## 【 0 0 4 7 】

前述から理解し得るように、実施形態によっては、信号処理チェーンの一部は、低減された数のチャンネルを利用し、時間多重化に基づいて幾つかのチャンネルに対して信号を処理する。信号処理のために低減された数のチャンネルを利用することにより、各超音波トランスデューサ素子又は超音波トランスデューサ素子のグループ毎に 1 つの信号処理チャンネルを利用する構成と比べると、チップ面積及び電力消費を低減することができる。単なる例として、超音波トランスデューサアレイは 1 0 0 0 個の超音波トランスデューサ素子を含むことがあり、それによって 1 0 0 0 個の信号処理チャンネルを必要とすることがある。実施形態によっては、メモリ 4 1 0 の後の処理チャンネルの数は、メモリ 4 1 0 の前の処理チャンネルの数と比べて、低減されている。例えば、メモリ 4 1 0 の後で 4 個、8 個、又は 1 6 個のチャンネルを使用することがあるが、アーキテクチャはチャンネルの数に関して制限されない。示したように、メモリ 4 1 0 は、時間多重化を介して効果的なレート変更を行うために、信号処理回路の任意のポイントに配置することができる。なお、実施形態によっては、図 4 の信号処理回路は、並列処理ハードウェアが、（場合によっては、時間多重化を使用しないで）複数の異なるチャンネルにまたがってデータを並列に処理するために使用される、完全なストリーミングアーキテクチャを使用することによって、メモリ 4 1 0 無しで実装されることがある。

30

40

## 【 0 0 4 8 】

図 4 の信号処理回路は、特定の超音波システムの要件に応じて、幾つかのブロックが飛び越されるか又は省略される、様々な構成を有することができる。例えば、直交復調ブロック 4 0 4、フィルタブロック 4 0 6、及びダウンサンプリングブロック 4 0 8 はデータ

50

削減を行い、データ削減が必要とされていないシステムでは飛び越されるか又は省略されることがある。別の例として、時間領域調整ブロック 4 1 2 が、飛び越されるか又は省略されることがある。別の例として、周波数領域信号調整ブロックが、飛び越されるか又は省略されることがある。別の例として、乗算ブロック 4 2 2 及び 4 2 6 ブロックの片方又は両方が、飛び越されるか又は省略されることがある。別の例として、オフロードバッファ 4 3 2 が、飛び越されるか又は省略されることがある。実施形態によっては、この段落で上記に列挙したブロックの任意の組み合わせが、飛び越されるか又は省略されることがある。

#### 【 0 0 4 9 】

抽出レンジスワスブロック 4 0 2

抽出レンジスワスブロック 4 0 2 は、画像に寄与する入力サンプルを選択し、画像に寄与しない入力サンプルを破棄する。画素がアパーチャに対して所与の範囲及び位置を有する画像を処理するために、所与のパルス長を有する波形が使用され、所与のレシーバ/励起の組み合わせに対する画像画素に寄与する時間サンプルの組が存在し、この組の外部の時間サンプルは破棄されることがある。実施形態によっては、抽出レンジスワスブロック 4 0 2 は、ADC 2 1 2 からデータをストリーミングすることによって実装されることがあり、データの選択されるレンジは、データがデジタル化された、かつ/又は信号処理回路に注入されたときの開始時間及び終了時間によって規定される。

#### 【 0 0 5 0 】

受信スワスの寄与部分を抽出することにより、データ伝送要件（オンボードで行われる場合）、データストレージ要件（メモリに記憶するか又はディスクに書き込むか）、及び処理負荷を低減することができる。これは、データ削減の重要性に応じて、様々なコンパクトさの度合で行うことができる。基本的な実施態様は、全てのレシーバ及び全ての励起に渡って一定の時間範囲を含み、全てのレシーバ及び全ての励起に渡って、一定の開始時間を有する。他の実施態様では、各レシーバ及び各励起毎に、別個の開始時間及び時間範囲を使用することができる。データ伝送の後、データは、どのような形式であろうと処理のために必要な形式に整列され並べられる。

#### 【 0 0 5 1 】

何らかのレシーバ保護回路又はスイッチングにも関わらず、通常、システムの送信中又はその直後に、非ゼロの受信 A / D サンプルが存在し、飽和又は他の非線形性により非常に歪んだ A / D 値をもたらす。これらのサンプルは、使用可能な画像には寄与せず、画像中に多数の問題及びアーチファクトを引き起こすことがあり、これにより大抵、基本的な診断を行うのが一層困難になる。何らかの種類のデコンボリューション又は他の時間周波数領域処理（多くの場合、処理帯域への単なる切り捨て）を行うと、拡張された時間領域におけるエネルギーが、画像全体を劣化させることがある。これらのサンプルが存在する状態でスペクトルを（診断用に又は較正用に）推定することは問題をはらむ可能性がある、というのも、これらのサンプル中のエネルギーは、受信チャンネル全体のエネルギーの優位を占めているからである。従って、実施形態によっては、これらのサンプルはブロック 4 0 2 で破棄されることがある。

#### 【 0 0 5 2 】

データ削減ブロック 4 0 4 ~ 4 0 8

図 4 に示した信号処理チェーン 2 1 4 の実施形態では、データ削減が、ブロック 4 0 4 ~ 4 0 8 において、抽出レンジスワスブロック 4 0 2 によって選択されたサンプルに対して行われる。上述したように、データ削減が使用されない幾つかの構成では、ブロック 4 0 4 ~ 4 0 8 は飛び越されるか又は省略されることがある。実施される場合、データ削減は、ブロック 4 0 4 で直交復調を行い、ブロック 4 0 6 でフィルタリングを行い、ブロック 4 0 8 でダウンサンプリングを行うことによって、実行されることがある。

#### 【 0 0 5 3 】

実施形態によっては、直交復調ブロック 4 0 4 は、複素数入力信号  $x[n]$  の虚数 ( $I[n]$ ) 部分及び直交位相 ( $Q[n]$ ) 部分に対する 2 つの別個のデータストリームとし

10

20

30

40

50

て実装されることがある。QDMブロック404は、 $\cos(2f_c t)$ 及び $\sin(2f_c t)$ を生成するために使用することができる、数値制御された発振器か又は任意の他の適切な構成要素を含むことがあり、中心周波数 $f_c$ は、特定の量の復調を提供するように選択される。復調は、信号を、0 Hzを中心とするように、又は、フィルタリング用の何らかの所望の周波数範囲によって境界をつけられるように、位相変調することがある。実施形態によっては、アレイ102中で使用されるトランスデューサの関心周波数と $f_c$ を適合させることが望ましいことがある。QDMブロック404からの虚数及び直交位相データストリームは、フィルタブロック406及びダウンサンプリングブロック408によって更に処理される。

#### 【0054】

図4に示された実施形態では、フィルタブロック406は、低域通過フィルタリング(LPF)を行うものとして示されている。しかしながら、帯域通過フィルタリング(BPF)及び高域通過フィルタリング(HPF)などの他のタイプのフィルタリングが、フィルタブロック406で代替的に使用されてもよいことを、理解されたい。

#### 【0055】

実施形態によっては、カスケード積分くし型(CIC)フィルタアーキテクチャを使用して、フィルタリング(例えば、フィルタブロック406に対して)及び間引き(例えば、ダウンサンプリングブロック408に対して)を行うことがある。例えば、そのようなCICフィルタアーキテクチャを使用して、正確な遅延時間インデックスを使用して、レンジ値を正確に計算することができる。CICフィルタは、複数の(N個の)段を含み、低域通過フィルタとして作用する一方で、出力データストリーム $y[n]$ を生成するために入力データストリーム $x[n]$ を間引くことがある。段数を増やすと、通過帯域が更に低下することがある一方で、段数を増やすと、より良好なイメージリジエクションがもたらされる。場合によっては、実施態様では、通過帯域の低下は、データにCICフィルタが適用された後で適用される補償フィルタを使用して、少なくとも部分的に対処することができる。

#### 【0056】

##### メモリ410

図4を再び参照すると、受信された信号サンプルが、抽出レンジスワスブロック402、直交復調ブロック404、低域通過フィルタ406、及びダウンサンプリングブロック408によって処理された後で、メモリ410が信号サンプルを格納する。メモリ410に格納される信号サンプルは、時間に従ってインデックス付けされていることがある。従って、信号サンプルは、超音波トランスデューサアレイからの受信時でかつ(例えば、ブロック402、404、406、及び408による)初期処理の後で、メモリ410に書き込まれることがある。信号サンプルは、メモリ410の後の処理ブロック(例えば、時間領域信号調整ブロック412。このブロックを含む実施態様において)によって必要とされる場合に、メモリ410から読み出すことができる。

#### 【0057】

実施形態によっては、複数の取得のそれぞれの期間中に得られた信号サンプルがメモリ410に格納されることがある。例えば、図5Aに示すように、メモリ410は、超音波トランスデューサアレイによって行われるM個のそれぞれの取得に対応するM組の信号サンプル(即ち、信号サンプルの組502-1、502-2、...、502-M)を格納することがあり、ここで、Mは1以上の任意の正の整数である。図5Aに示した例示的な例では、信号サンプルの各組は、288個のチャンネル毎に経時的に得られた1024個の信号サンプルを含む。288個のチャンネルの各々におけるデータは、例えば、超音波素子のグループによって得られたデータを結合することによって得ることができる。例えば、288個のチャンネルの各々は、それぞれの超音波モジュール304における超音波素子の単一の列に対応することがある(基板302は、144個の合計超音波モジュールを含み、その各々が、2列の超音波素子を有する)。288個のチャンネルの各々におけるデータは、例えば、それぞれの超音波モジュールの対応する列における超音波素子によって得られた

10

20

30

40

50

信号サンプルを加算又は平均することによって、得ることができる。

【 0 0 5 8 】

なお、図 5 A の例は例示的で非限定的である、というのも、信号サンプルの各組は、任意の適切な数のチャンネル毎に得られた任意の適切な数の信号サンプルを含むことがあるからである。各チャンネルは、超音波トランスデューサアレイの超音波素子の任意の適切な組と対応することがある、というのも、本明細書に説明する技術の態様は、この点において限定されないからである。更に、実施形態によっては、メモリ 4 1 0 内の信号サンプルは、取得、時間、及びチャンネルに従ってインデックス付けされていることがある。しかしながら、他の実施形態では、信号サンプルは任意の他の適切な態様でインデックス付けされることがある。更に、信号サンプルの各組は、2次元のアレイとして構成されるものとして図 5 A に示されているが、これは明確に表現するためであり限定するためではない、というのも、信号サンプルの各組は、任意の他の適切な態様で構成される（例えば、格納される）ことがあるからである。

10

【 0 0 5 9 】

上述したように、信号サンプルは、メモリ 4 1 0 の後の処理ブロックによって必要とされた場合に、メモリ 4 1 0 から読み出すことができる。実施形態によっては、メモリ 4 1 0 の後の処理ブロックによって、それぞれの取得に対応する信号サンプルの組が、メモリ 4 1 0 から読み出され、処理されることがある。以下でより詳細に説明するように、処理ブロック 4 1 2 ~ 4 2 8 は、信号サンプルの組の各々における信号サンプルを、互いに独立して処理することができる（例えば、ブロック 4 1 2 ~ 4 2 8 の各々は、信号サンプルの組 5 0 2 - 1 を、信号サンプルの組 5 0 2 - 2 とは独立して処理することができる）。処理ブロック 4 3 0 を参照して以下で説明するように、それぞれの取得に対応する信号サンプルの組を結合して、フーリエ領域合成を行うことがある。

20

【 0 0 6 0 】

図 4 に示した実施形態では、メモリ 4 1 0 はブロック 4 0 8 とブロック 4 1 2 との間に設けられている。しかしながら、本明細書で説明する技術の態様はこの点において限定はされない、というのも、他の実施形態では、メモリ 4 1 0 は任意のブロックの対の間、又は更には下位ブロック（ブロック内部のブロック）の間に設けられることがあるからである。処理回路の任意のポイントで、メモリブロックはストリーミングされた処理のレートを低減するのを容易にし、従って、処理のために必要な並列リソースの数を低減することができる（例えば、同時に処理される 1 1 5 2 個のチャンネルがメモリに保存されることがあり、メモリの後では、ストリーミング処理は同時に 4 つのチャンネルのみから構成されることがある）。ストリーミングレートを低減することの 1 つの理由は、データレートインターフェース（例えば、ユニバーサルシリアルバス（USB）、Firewire、低電圧差動シグナリング（LVDS）、Thunderbolt、等）を適合させることにより、速度とリソースとの間を最適化するためである。

30

【 0 0 6 1 】

時間領域信号調整ブロック 4 1 2

図 4 に示した時間領域信号調整ブロック 4 1 2 は、時間領域において信号サンプルの信号調整を行う。この信号調整は、様々な効果を補償するために、時間領域信号を重み付けすることを含むことがある。重み付けは、重み付け関数又はマスクを使用して行われることがある。重み付け関数は、送信イベントなどの基準時間に続く時間範囲に対応する係数、又は重み付け値を含むことがある。従って、例えば、信号サンプルは基準時間の後の時刻  $t_0$ 、 $t_1$ 、 $t_2$ 、...、 $t_n$  でのサンプルを含むことがあり、重み付け関数は、この基準時間の後の各信号サンプルに対応する係数又は重み付け値を含むことがある。各信号サンプルを、対応する係数によって乗算して、重み付けされた信号サンプルを提供することがある。時間領域信号調整ブロック 4 1 2 は、1つ又は複数の重み付け関数の係数を格納するためのメモリを含むことがある。重み付け関数は、固定されていることがあり、又は、柔軟性を提供するためにホストコンピューターからダウンロードされることがある。重み付け関数は、チャンネル依存か又はチャンネル非依存であることがある。重み付け値による

40

50

信号サンプルの乗算は、複素乗算であることがある。

【 0 0 6 2 】

時間領域信号調整ブロック 4 1 2 は、メモリ 4 1 0 から信号サンプルを読み出し、読み出した信号サンプルに 1 つ又は複数の重み付け関数を適用するように構成されることがある。例えば、ブロック 4 1 2 は、ある取得に対応する信号サンプルの組（例えば、信号サンプルの組 5 0 2 - 2）にアクセスし、その信号のサンプルの組におけるサンプルに 1 つ又は複数の重み付け関数を適用することがある。ブロック 4 1 2 で、特定のチャンネルについて経時的に得られた信号サンプルのシーケンス（例えば、図 5 A に示す信号サンプルの組 5 0 2 - 1 の特定の行における信号サンプル）に、重み付け関数を適用することがある。追加的に又は代替的に、異なるチャンネルに渡って同時に取得されたサンプルの組（例えば、図 5 A に示す信号サンプルの組 5 0 2 - 1 の特定の列における信号サンプル）に、重み付け関数を適用することがある。

10

【 0 0 6 3 】

実施形態によっては、ブロック 4 1 2 は、メモリ 4 1 0 からアクセスされる信号サンプルのチャンネル非依存の（例えば、レシーバ及び励起非依存の）重み付けを行うことがある。時間に渡って適用されることになる唯一の重み付けがチャンネル非依存である場合、メモリの節約及びインデックス付けの簡素化が可能になる。任意の他の形式の時間領域重み付け（レシーバ依存、励起依存、又はチャンネル依存）が使用される場合、このチャンネル非依存の重みは、他の時間領域重み付けに吸収されることがある。チャンネル非依存の時間領域重みの非限定的な例としては、（ 1 ）搬送波周波数調節、（ 2 ）サンプルに線形位相を適用すること、（ 3 ）時間利得補償（ T G C ）、これは、場合によっては、全てのレシーバ及び全ての励起に対して同じ T G C プロファイルを使用して行われることがある、が挙げられる。

20

【 0 0 6 4 】

実施形態によっては、ブロック 4 1 2 は、メモリ 4 1 0 からアクセスされる信号サンプルのチャンネル依存の重み付けを行うことがある。チャンネル依存の重み付けを適用することには、信号サンプルを得るために使用された励起に依存しない、レシーバ依存の重み付け関数を適用することを含むことがある。例えば、レシーバ毎に異なる重み付け関数を使用して、時間利得補償を行うことがある（例えば、レシーバの増幅器の利得の変動が十分に大きくて、それらが別々に扱われることが必要である場合）。追加的に又は代替的に、チャンネル依存の重み付けを適用することは、励起依存の重み付け関数を適用することを含むことがある（例えば、全ての励起に渡って信号を最も良く量子化するために、異なる時間利得補償設定を意図的に使用する場合）。

30

【 0 0 6 5 】

ブロック 4 1 2 で行われる重み付けが、チャンネル、励起、及び / 又は 1 つ若しくは複数の他の要因に依存する場合に、結果として得られる画像の品質が改善されることがあるが、そのような重み付けを行うことは、追加の電力、処理、及び / 又はメモリリソースを必要とすることがある。一方で画像品質を採るか、もう一方でハードウェアサイズ及び電力消費を採るかの間でのこのトレードオフは、超音波プローブを実装する際に考慮に入れられることがある。実施形態によっては、プローブは、依存（例えば、チャンネルへの、励起への、等）を伴う重み付けか又は依存を伴わない重み付けの両方を実装するように構成されることがあり、どのタイプの重み付けを使用するかは、プローブの動作中に、利用可能な電力、処理、及び / 又はメモリリソースに基づいて行われることがある。

40

【 0 0 6 6 】

高速フーリエ変換ブロック 4 1 4

図 4 に示した実施形態では、FFT ブロック 4 1 4 は、時間領域信号調整ブロック 4 1 2 によって行われる重み付けの後で信号サンプルを受け取り、受け取った信号サンプルに対して FFT 処理を行う。FFT ブロック 4 1 4 は、チャンネル毎に、そのチャンネルで経時的に得られた信号サンプルに FFT を適用することによって、信号サンプルに対して、時間に関して 1 次元の高速フーリエ変換を適用することがある。例えば、ブロック 4 1 4 は

50

、ある取得に対応する信号サンプルの組（例えば、信号サンプルの組 5 0 4 - 1）にアクセスし、各チャンネル毎に、その組の信号サンプルに対して F F T を行うことがある（例えば、信号サンプルの組 5 0 4 - 1 の各行、例えば行 5 0 5 - 1 に F F T を適用する）。

【 0 0 6 7 】

従って、実施形態によっては、ブロック 4 1 4 で受け取られた信号サンプルは、複数のグループの信号サンプルを含むことがあり、この複数のグループの各々は、複数のそれぞれのチャンネル内のそれぞれのチャンネルに対応する。従って、複数のグループの各々は、それぞれのチャンネルによって得られたデータから得られる信号サンプルから構成される。F F T ブロック 4 1 4 は、複数のグループの各々に 1 次元の F F T を適用することによって、信号サンプルに対して 1 次元の F F T を適用することがある。信号サンプルに 1 次元の F F T を適用した結果として得られる複素数値データは、複数のグループの複素数値を含み、複素数値の各グループは、それぞれのチャンネルによって得られたデータにおける周波数 / 位相情報に対応する。

10

【 0 0 6 8 】

実施形態によっては、ブロック 4 1 4 は、チャンネル毎にかつ取得毎に、時間に関して信号サンプルに対して 1 次元の F F T を適用することがある。例えば、図 5 B に示すように、ブロック 4 1 4 は、信号サンプルの組 5 0 4 - 1 のサンプルの各行（例えば、行 5 0 5 - 1 を含む）に F F T を適用し、信号サンプルの組 5 0 4 - 2 のサンプルの各行（例えば、行 5 0 5 - 2 を含む）に F F T を適用し、...、信号サンプルの組 5 0 4 - M のサンプルの各行（例えば、行 5 0 5 - M を含む）に F F T を適用することがある。この例では、サンプルの組 5 0 4 - 1、5 0 4 - 2、及び 5 0 4 - M は、時間領域信号調整ブロック 4 1 2 によって行われる処理の結果として、サンプルの組 5 0 2 - 1、5 0 2 - 2、及び 5 0 2 - M から得られることがある。F F T が行われた後、組 5 0 4 - 1、5 0 4 - 2、...、5 0 4 - M の各行は、高速フーリエ変換の適用を通じて得られた周波数値及び位相値を表す。なお、図 5 A ~ 図 5 F の例に示す信号サンプルの各行は、それぞれのチャンネルについて経時的に得られた信号サンプルに対応し、また、図 5 A ~ 図 5 F で示した信号サンプルの構成は、図 3 に示した配置などの超音波トランスデューサアレイ内の超音波素子の配置を表しているのではなく、そのような配置とは異なっていることがある。

20

【 0 0 6 9 】

なお、ブロック 4 1 4 によって行われる F F T は、変換されることになる信号サンプルをゼロパディングすることによって行われることがある。信号サンプルは、より大きな所定のサイズのゼロで満たされたアレイの F F T 中心に時間領域データを配置することによって、ゼロパディングされることがある。例えば、図 5 B に示す実施形態では、1 0 2 4 ポイントの F F T が 1 0 2 4 個の信号サンプルを有するデータの各行に適用されているが、他の実施形態では、2 0 4 8 ポイント又は 4 0 9 6 ポイントの F F T が、1 0 2 4 個の信号サンプルを有するデータの各行に適用されることがある。更に、ゼロパディングは、チャンネル非依存である（即ち、各チャンネル内のデータに対して同じ量のゼロパディングが使用される）ことも、又はチャンネル依存である（即ち、異なるチャンネル内のデータに対して異なる量のゼロパディングが使用される）こともある。

30

【 0 0 7 0 】

更に、実施形態によっては、信号サンプルのシーケンスに F F T が適用された後、結果は（周波数領域において）切り捨てられることがあり、その結果、結果として得られるスペクトルの選択された部分のみが画像を形成するために使用される。結果として得られるスペクトルの任意の部分を選択することができる（例えば、指定された帯域について、高周波数を除去することによって、等）。

40

【 0 0 7 1 】

周波数領域信号調整ブロック 4 1 6

周波数領域信号調整ブロック 4 1 6 は、F F T ブロック 4 1 4 によって行われる処理の結果として得られた、周波数領域値を受け取り、周波数領域において信号調整を行う。特に、周波数領域信号調整ブロック 4 1 6 は、1 つ又は複数の効果を補償するために周波数

50

領域値の重み付けを行い、重み付けされた周波数領域値を提供する。ブロック 4 1 6 は、特定のチャンネルについて経時的に得られた信号サンプルのシーケンスに重み付け関数を適用するように構成されることがある。例えば、ブロック 4 1 6 は、図 5 B に示す信号サンプルの組 5 0 4 - 1 の特定の行の信号サンプルに、FFT ブロック 4 1 4 で FFT がその特定の行に適用された後で、重み付け関数を適用するように構成されることがある。以下でより詳細に考察するように、異なるチャンネルに対応する信号サンプルに、同一の又は異なる重み付け関数を適用することがある。

#### 【 0 0 7 2 】

ブロック 4 1 6 によって行われる処理は、多数の異なる物理的効果の各々をそれぞれの伝達関数を用いてモデル化することにより、また、それらの伝達関数を使用してそれらの効果を打ち消すことにより、それらの効果を考慮に入れるために使用されることがある。ブロック 4 1 6 は、動き補償 / 位相調節を行うために使用されることもある。

10

#### 【 0 0 7 3 】

ブロック 4 1 6 は、任意の適切な重み付けを使用して周波数領域重み付けを行うように構成されることがある。例えば、ブロック 4 1 6 は、チャンネル非依存の重み付け、チャンネル依存の重み付け、又はそれらの任意の適切な組み合わせを使用するように構成されることがある。チャンネル依存の重み付けの例としては、レシーバ依存重み付け及び励起依存重み付けが挙げられる。チャンネル非依存及びチャンネル依存の重み付けを組み合わせるためには、多くの選択肢及び組み合わせが存在する。これらの選択肢及び組み合わせの一部を、以下に説明する。

20

#### 【 0 0 7 4 】

チャンネル非依存の周波数領域重み付けは、幾つかの効果を考慮に入れるために使用されることがある、例えば、( 1 ) 画像に特定のサイドローブ構造を持たせるように選択された、時間周波数線形開口重み付け、( 2 ) 全チャンネルに渡って適用される一定の「マスター波形」、及び( 3 ) 共通のトランスデューサ伝達関数。

#### 【 0 0 7 5 】

実施形態によっては、少なくとも 1 つのレシーバ / 励起 / チャンネル依存の周波数領域重み付けが前処理の中で適用される場合、チャンネル非依存の周波数領域重み付けはそこで吸収されることがある。1 つの可能な例外は、レシーバ / 励起 / チャンネル依存の周波数領域重み付けが位相のみである場合であり、その場合には位相は、低次多項式 ( 線形位相を用いた動き補償、又は 2 次位相関数を用いた他の位相調節など ) によって記述される。この場合には、位相のみの関数をオンザフライで効率的に計算することができ、チャンネル非依存の重みは、別個の乗算ステップとして適用される。これにより、より多くの全体的な乗算を負うことになるが、事前に計算された重み ( とりわけ、完全にチャンネル依存の重み ) を格納するために使用されるメモリの量が大幅に節約される。

30

#### 【 0 0 7 6 】

場合によっては、レシーバ依存の周波数領域重み付けが適用されることがある。これは、結合されたトランスミッタ / トランスデューサ / レシーバのそれぞれの伝達関数が、それらを別々に考慮に入れるのを保証するように十分に異なっている場合に、行われることがある。

40

#### 【 0 0 7 7 】

励起依存の周波数領域重み付けは、レシーバ非依存であるデータに適用されることがある。関連する例は、平面波励起に対するものであり、平面波角度の関数である中央のレシーバにおける位相基準に対するオフセット遅延がしばしば存在する。これは、時間領域の内挿又は完全にチャンネル依存の周波数領域重み付けに吸収することができるが、重みの完全な組のためのメモリストレージの量により、励起依存の重み付けが魅力的になることがある。

#### 【 0 0 7 8 】

チャンネル依存の周波数領域重み付けを利用することもできる。最も一般的な重み付けは、データの全てのチャンネルにおいて潜在的に異なる重み付けであり、この場合、チャンネル

50

は一意的レシーバ/励起の組み合わせに対応する。任意のチャンネル非依存の重み付けは、チャンネル依存、レシーバ依存、又は励起依存の重み付けに吸収することができる。

【0079】

レシーバ依存の重み付け及び励起依存の重み付けを使用する場合、両方の重み付けを単一のチャンネル依存重み付けに吸収するために必要な追加のストレージと、2つの別個の乗算を用いてより少ないストレージを使用することとの間で、トレードオフが存在することがある。更に、乗算の係数を格納するためのメモリの量と、これらのパラメータをオンザフライで生成するために必要とされるロジックとの間で、トレードオフが存在することがある。オンザフライの係数生成方式を用いて、メモリの大幅な節約を達成することができ、低コストのハードウェアで高品質の処理が可能になる。

10

【0080】

周波数非依存、時間/レンジ非依存でありながらチャンネル依存の重み付けを提供する必要があることがある。この重み付けの最も一般的なタイプは、レシーバ毎には異なるが励起に渡って一定であるスカラー利得である。これらの重みは、最も少ない数の係数を有する可能性が高い（高速時間A/Dサンプルは、レシーバの数を卓越するため）が、全ての複素乗算を行うことが高価である場合、これらのタイプの重みは、どのような方法であれ最も適切な方法で（高速時間で、又は周波数に沿って、同一のレシーバ/励起/チャンネル依存性を有する対応する重みの組をいずれが有するかに応じて）、他のチャンネル依存の重みに吸収することができる。前処理の中のどこにもレシーバ/励起/チャンネル依存の補正が無い場合、別個の乗算の段階を有することと、これらの高速時間/周波数非依存の重みを吸収することができる完全なチャンネル依存の重みのストレージを有することとの間で、トレードオフを行うことができる。

20

【0081】

局所的な音響エネルギーが組織を通過して伝搬するときの音響エネルギーの低下は、重大であることがある。画像を平坦化するために、推定されたレンジ依存プロファイルを用いて生データから重みを減らすことが望ましいことがある。およそのレンジの減衰を補償することが有用であることがある。特に、多くの2D画像構築法は、無限のラインソース及び無限のライントランスデューサ素子を仮定しており、これは円筒波減衰をもたらす。これらの構築法の多くは、実際、生データに正しい円筒波の挙動を課している（前進的な意味で使用される場合、また「逆」の意味で使用される場合は正確に除去される）。しかしながら、実際のトランスデューサはより点源のように振る舞い、体積は点散乱体から構成されているので、基本的な伝搬損失を説明するためには球面波がより適切である。

30

【0082】

組織を通過する信号減衰特性は、一般的に事前に既知ではない。しかしながら、推定されたパラメータを用いて均一な処理として減衰を近似することは、ダウンレンジの関数として画像輝度を平坦化するのに役立つことがある。仮定された均一な減衰パラメータを用いたとしても、減衰は、多項式の、若しくは他の基底展開、マルチレートを通じて、又は他の手段によって、周波数の関数として課される/除去されるべきである。これがあまりに計算的に負担である場合には、単一の周波数におけるパラメータを使用して近似することができる。

40

【0083】

合計エレベーションチャンネルブロック418

周波数領域信号調整ブロック416によって処理されたデータは、合計エレベーションチャンネルブロック418に供給され、合計エレベーションチャンネルブロック418は、周波数領域でエレベーションチャンネルデータを合計する。合計は、重み付けされていることも又は重み付けされていないこともある。ブロック418は、各取得毎にエレベーションチャンネルデータを合計することがある。実施形態によっては、ブロック418は省略されることがあり、各取得毎のチャンネルデータはエレベーションに渡って合計されないことがある。更に、実施形態によっては、前述したブロックのいずれかが、時間領域で、又は周波数変調乗算を介して周波数領域で、信号に時間領域遅延を適用することがある。そのよ

50

うな時間領域遅延は、合計されるとエレベーションにおいて受信ビームパターンを生成することがあり、これは、例えば焦点ビームであり得る。

#### 【0084】

合計エレベーションチャンネルブロック418によって処理が行われる態様は、図5B及び図5Cを参照して理解することができる。信号サンプルの組504-1、504-2、...、504-M(図5Bに示す)に、ブロック414及びブロック416によってFFT及び周波数領域信号調整が行われた後、結果として得られる信号サンプルの組の各々は、 $288 \times 1024$ の複素数値(各チャンネル毎の周波数及び位相を表す1024個の複素数値を有する288個のチャンネル)を含むことがある。第1の144チャンネルは、図3に示す基板302の上部(即ち、基板302内の超音波モジュールの第1の行)における超音波素子の列を表すことがある。第2の144チャンネルは、図3に示す基板302の底部(即ち、基板302内の超音波モジュールの第2の行)における列を表すことがある。この例では、ブロック418は、第1の144個のチャンネルに対する周波数データを第2の144個のチャンネルに対する周波数データと合計して、 $144 \times 1024$ の複素数値(各チャンネル毎の周波数及び位相を表す1024個の複素数値を有する144個のチャンネル)を得ることができる。これは図5Cに示されており、第1の144個のチャンネルに対する周波数データを第2の144個のチャンネルに対する周波数データと(ブロック418で)合計することにより、複素数値の組506-1、506-2、...、506-M(各々は、 $144 \times 1024$ の複素数値を含む)が得られる。

10

#### 【0085】

20

#### 転置ブロック420

それぞれの取得に対応する信号サンプルの組がアレイ(又は、複素数値の2次元のインデックス付けを実施する任意の適切なデータ構造)に格納されている実施形態では、転置ブロック420は、信号サンプルの組を再編成してそれらを転置することがある。従って、ある取得に対応する信号サンプルの組が複素数値の $144 \times 1024$ のアレイに編成されている(例えば、格納されている、アレイを介してインデックス付けされている、等)場合、転置の後で、信号サンプルの組は、複素数値の $1024 \times 144$ のアレイに編成される。この処理は、信号サンプルを格納するために使用されるデータ構造の行にFFTを効率的に適用できるように、(以下で説明する)ブロック424におけるクロスレンジFFTを行う際の計算負荷を低減することができる。実施形態によっては、この段階で行われる処理は、ストリーミングで達成することができ、また、バッファへの系統だった読み出し及び書き込みを通じて不利点無しで達成することができる。

30

#### 【0086】

#### 乗算ブロック422及び426

乗算ブロック422及び426を使用して、以下で説明するように、ブロック424でデータのクロスレンジ又はアジマスFFT処理を行う前(ブロック422)及び後(ブロック426)で、データに周波数領域で重み付けを効率的に適用することができる。実施形態によっては、乗算ブロック422及び426は、オンザフライ乗算アーキテクチャを使用して実施されることがある。これらの重み付けを使用して、上記で与えられた多数の効果の例のうちのいずれかを補償することができる。乗算ブロック422及び426を使用して、チャンネル、周波数、励起、及び/又は任意の他の適切な要因の関数として決定される重みを用いて信号サンプルを乗算することができる。

40

#### 【0087】

実施形態によっては、第1の乗算ブロック422を使用して、全体的なスタンドオフ距離若しくは逆伝搬距離、時間周波数領域フィルタリング、クロスレンジアポディゼーション、及び/又は任意の適切な要因を、パラメータの関数として調節することがある。第1の乗算ブロック422を使用して、転置方向で係数計算を行うことによって、より少ないリソースを使用して追加の係数を適用することができる(例えば、計算された値は、別の方向よりも1つの方向でより多く再利用することができる)。

#### 【0088】

50

実施形態によっては、第2の乗算ブロック426を使用して、クロスレンジ周波数領域フィルタリング、回折カーネル乗算（周波数ベースの回折伝搬）、エバネセント波フィルタリング、又は任意の適切な要因を、パラメータの関数として調節することができる。

【0089】

高速フーリエ変換ブロック424

図4に示した実施形態では、FFTブロック424は、ブロック422によって行われる任意の重み付けの後でデータを受け取り、受け取ったデータに対してFFT処理を行う。具体的には、FFTブロック424は、クロスレンジ又はアジマス方向に関して、複素数値データに対して1次元の高速フーリエ変換を適用する。

【0090】

前述から理解されるように、実施形態によっては、ブロック424で受け取られるデータは、複数の取得の各々に対するデータを含むことがある。各取得毎のデータは、複数のチャンネルの各々について（例えば、144個のチャンネルの各々について）、複素数値の組（例えば、1024個の対応する周波数区間に対する位相及び周波数を表す1024個の複素数値）を含むことがある。そのような実施形態では、FFTブロック424は、各周波数区間毎にチャンネルをまたいで1次元のFFTを適用し、それによって、クロスレンジ又はアジマス方向に関して、データの1次元の高速フーリエ変換を実施することができる。上述したように、144個のチャンネルの各々は、図3に示した基板302のそれぞれの列内に配置された超音波素子に対応することがある。基板が、撮像を行うために使用される超音波プローブの面に平行に配置される場合、列は、超音波プローブの面の左から右に進み、これはクロスレンジ又はアジマス方向に対応する。この理由のために、各周波数区間毎にチャンネルにまたがり1次元のFFTを行うことは、本明細書では、クロスレンジ又はアジマスFFTを行うことと呼ばれる。

【0091】

例えば、図5Dに示すように、FFTブロック424は、ある取得に対応するデータ（例えば、ある取得に対応するデータ508-1）を取得し、複数のチャンネルに渡る単一の周波数区間に対する複素数値を含む、複素数値の列507-1に対して1次元のFFTを行うことができる。なお、図5Dは、複数のチャンネルに渡る単一の周波数区間に対する複素数値が列に編成されるものとして示しているが、転置ブロック420が含まれる場合には、これらの複素数値は行に編成されることがある。

【0092】

従って、FFTブロック424に提供される複素数値データは、複素数値の複数のグループを含むことがあり、この複素数値の複数のグループの各々は、複数の周波数区間におけるそれぞれの周波数区間に対応する。FFTブロック424は、複素数値の複数のグループの各々に1次元のFFTを適用することによって、複素数値データを処理して、以下で考察するようにフーリエ合成ブロックによって使用されることになる変換済複素数値を得ることができる。

【0093】

実施形態によっては、FFTブロック424は、周波数区間毎にかつ取得毎に、チャンネルに関して信号サンプルに対して1次元のFFTを適用することがある。例えば、図5Dに示すように、ブロック424は、複素数値の組508-1の複素数値の各列（列507-1を含む）に対して1次元のFFTを適用し、複素数値の組508-2の複素数値の各列（列507-2を含む）に対してFFTを適用し、...、複素数値の組508-Mのサンプルの各列（列507-Mを含む）に対してFFTを適用することができる。この例では、複素数値の組508-1、508-2、及び508-Mは、乗算ブロック422によって行われる処理の結果として、複素数値の組506-1、506-2、及び506-Mから得られることがある。

【0094】

なお、FFTブロック424によって行われる任意のFFTは、変換されることになりデータをゼロパディングすることによって行われることがある。データは、より大きな所

10

20

30

40

50

定のサイズのゼロで満たされたアレイのFFT中心にデータを配置することによって、ゼロパディングされることがある。例えば、図5Dに示した実施形態では、データの各列は144個の複素数値を含んでいるが、2048ポイントのFFTをデータの各列に適用することがある。図5Eに示すように、これにより、各々が $2048 \times 1024$ の複素数値を有する複素数値の組 $510-1$ 、 $510-2$ 、...、 $510-M$ がもたらされる。これらの複素数値の組の各々は、それぞれの取得中に収集されたデータから得られる。

#### 【0095】

更に、ゼロパディングは、チャンネル非依存である（即ち、各チャンネル内のデータに対して同じ量のゼロパディングが使用される）ことも、又はチャンネル依存である（即ち、異なるチャンネル内のデータに対して異なる量のゼロパディングが使用される）こともある。

10

#### 【0096】

リサンプリング/内挿ブロック428

シナリオによっては、FFTブロック424を行い、任意選択的にブロック426で乗算を行った後、結果として得られるデータをリサンプリングする必要があることがある。リサンプリングを使用して、センサから収集されたデータのフーリエ空間から画像化される対象のフーリエ空間へのリサンプリングマッピングを行うことができる。このリサンプリングマッピングは、分散関係から得られることがある。従って、リサンプリング/内挿ブロック428を使用して、時間的な及びクロスレンジの周波数を、空間的に縦方向の周波数及び空間的に横方向の周波数にマッピングすることができる。結果として得られるサンプルは、画像化される対象の空間内で均等に間隔をおいて配置されることがある。このように、場合によっては、ブロック428によって行われるリサンプリング動作は、均一なサンプルの間隔を、不均一なサンプルの組を有する新しいサンプル間隔に変換することがある。

20

#### 【0097】

フーリエ合成ブロック430

フーリエ合成ブロック430では、複数の異なる取得に対応するデータがフーリエ領域において結合され、これは合成されると称されることがある。具体的には、複素数値の複数の組は、その各々はそれぞれの取得中に収集されたデータから得られるのであるが、それらは、結合されて、フーリエ合成値の単一の組を生成する。複素数値の複数の組は、任意の適切な方法で結合することができ、例えば、重み付けされない加算又は重み付けされた加算（例えば、平均）を通じて、結合することができる。従って、各組がそれぞれの取得に対応する複数の複素数値の組の（重み付けされた、又は重み付けされていない）線形結合として、フーリエ合成値の組が得られることがある。次いで、フーリエ合成値の組を使用して、任意の適切な画像形成技術（例えば、逆フーリエ変換）を使用して、超音波画像を形成することができる。

30

#### 【0098】

例えば、図5Eに示す、各々が $2048 \times 1024$ の複素数値を含む、複素数値の組 $510-1$ 、 $510-2$ 、...、 $510-M$ を結合して、 $2048 \times 1024$ の複素数値を含む複素数値の単一の組 $512$ を得ることができる。そのような複素数値の組 $512$ は、 $M$ 個の複素数値の組の重み付けされた又は重み付けされていない線形結合として得ることができ、 $M$ 個の複素数値の組の各々は、それぞれの取得から得られた信号サンプルから得られる。

40

#### 【0099】

この例示的な例では、 $M$ 個の異なる取得に対応する $M$ 個の複素数値の組をフーリエ領域で合成して複素数値の単一の組を得たが、他の実施形態では、全ての取得を合成して単一の合成済データセットを生成するとは限らない。例えば、実施形態によっては、それぞれの取得の1つのグループに対応するデータセットを合成して、1つの超音波画像を生成するために引き続いて使用することができる1つの合成済データセットを得ることがあり、また、それぞれの取得の別のグループに対応するデータセットを合成して、別の超音波画像を生成するために引き続いて使用することができる別の合成済データセットを得ること

50

がある。

【0100】

オフロードバッファ432及び高速インターフェース434

ブロック430でフーリエ領域合成が行われた後、結果として得られる合成済データは、画像形成を促進する後続の処理のために、オフロードバッファ432及び高速インターフェース434を介して別の機器に提供される。オフロードバッファ432は任意選択的であるが、使用されると、高速インターフェース434を介してデータをオフロードするための帯域幅要件を緩和することができる。高速インターフェースは、デジタルデータをオフロードするための任意の適切な高速デジタルインターフェースであることがあり、例えば、USB3.0インターフェース又はThunderboltインターフェースであり得る。上述したように、デジタルデータストリームをオフロードするために高速シリアルデータリンクを使用することは、本明細書で説明する技術の幾つかの実施形態による「超音波オンチップ」ソリューションを促進するのに役立つ特徴の1つである。

10

【0101】

デジタル信号処理方法

図4のデジタル信号処理回路によって行われる方法の一例である、例示的な処理600の流れ図を、図6に示す。段階602で、デジタル信号処理回路がADC212から信号サンプルを受け取る。段階604で、画像に寄与しない信号サンプルが、抽出レンジスワップブロック402を使用して破棄されることがある。非線形の信号サンプルも破棄されることがある。段階606で、直交復調ブロック404を使用して直交復調を行い、フィルタリングブロック406を使用して低域通過フィルタリングを行い、ダウンサンプリングブロック408を使用してダウンサンプリングを行うことにより、データ削減を行うことがある。次いで、段階608で、部分的に処理された信号サンプルをメモリ410に格納することがある。

20

【0102】

段階610で、メモリ410からデータ値が読み出され、時間領域信号調整ブロック412によって時間領域信号調整が行われる。上述したように、時間領域信号調整は、1つ又は複数の重み付け関数を時間領域信号に適用することを含むことがある。段階612で、1次元の高速フーリエ変換が、FFTブロック414を使用して、時間に関して信号サンプルに適用される。信号サンプルは、信号サンプルの複数のグループを含むことがあり、それらの複数のグループの各々はそれぞれのチャンネルに関連しており、また、信号サンプルに1次元のFFTを適用することは、信号サンプルの複数のグループの各々に時間に関して1次元のFFTを適用することを含むことがある。段階614で、周波数領域調整ブロック416を使用して、1次元のFFTの適用を介して段階612で得られた複素数値データに対して周波数領域信号調整を行う。上述したように、周波数領域信号調整は、周波数領域データに1つ又は複数の周波数領域重み付け関数を適用することを含むことがある。段階616で、エレベーションチャンネルが合計エレベーションチャンネルブロック418によって合計され、それによって、画像形成処理に供給されるデータの量を低減する。

30

【0103】

段階618で、複素数値データを、転置ブロック420を使用して転置することがあり、段階620で、乗算ブロック422を使用してオンザフライ乗算を行うことがある。段階622で、FFTブロック424を使用して、クロスレンジ又はアジマス方向に関して、複素数値データに対して1次元のFFTを適用することがある。複素数値データは、複素数値の複数のグループを含むことがあり、この複数のグループの各々は、複数の周波数区間におけるそれぞれの周波数区間に関連している。段階622で1次元のFFTを適用することは、複素数値の複数のグループの各々に対して1次元のFFTを適用することを含むことがある。段階624で、乗算ブロック426を使用して乗算を行うことがあり、段階428で、リサンプリング/内挿ブロック428によってリサンプリング/内挿を行うことがある。段階626で、フーリエ領域合成ブロック430によってフーリエ領域合

40

50

成を行う。上述したように、フリー領域合成は、複数の異なる取得から得られたデータをフリー領域で結合することを含むことがある。段階 6 2 8 で、フリー領域合成されたデータを画像形成処理のために利用する。

#### 【0104】

図 6 の処理 6 0 0 では、任意選択的な機能を省略することがある。例えば、段階 6 0 6 で行われるデータ削減動作を省略することがある。追加的に又は代替的に、段階 6 1 0、6 1 4、6 1 6、6 1 8、6 2 0、及び 6 2 4 のうちの 1 つ又は複数を省略することがある。更に、図 6 に示す処理 6 0 0 内に追加のステップを含めることがある。

#### 【0105】

本開示に記載する技術の幾つかの態様及び実施形態をこのように説明してきたが、当業者であれば、様々な変更例、修正例、及び改良例を容易に思いつくであろうことを理解されたい。そのような変更例、修正例、及び改良例は、本明細書に記載する技術の趣旨及び範囲内にあることが意図されている。例えば、当業者であれば、本明細書に記載した機能を実行し、かつ/又は結果及び/若しくは 1 つ若しくは複数の利点を得るために、様々な他の手段及び/又は構造を容易に考えるであろう。また、そのような変形例及び/又は修正例の各々は、本明細書に記載する実施形態の範囲内であるとみなされる。当業者であれば、決まりきった実験のみを使用して、本明細書に記載する特定の実施形態の多数の均等物を認識するか、又は確かめることができるであろう。従って、前述の実施形態は例としてのみ提示されたものであり、添付の特許請求の範囲及びその均等物の範囲内で、本発明の実施形態は、具体的に記載された態様とは別の態様で実施することが出来ることを、理解されたい。更に、本明細書に記載する 2 つ以上の特徴、システム、物品、材料、キット、及び/又は方法の任意の組み合わせは、そのような特徴、システム、物品、材料、キット、及び/又は方法が互いに相容れないものではない場合、本開示の範囲内に含まれる。

#### 【0106】

上述した実施形態は、多数の態様のうちのいずれかで実施することができる。処理又は方法の実施に係る本開示の 1 つ又は複数の態様及び実施形態は、それらの処理若しくは方法を実施するために、又は実施を制御するために、デバイス（例えば、コンピュータ、プロセッサ、又は他のデバイス）によって実行可能なプログラム命令を利用することができる。この点に関して、様々な本発明の概念は、1 つ若しくは複数のコンピュータで又は他のプロセッサで実行されると上述した様々な実施形態のうちの 1 つ又は複数を実施する方法を実行する 1 つ又は複数のプログラムを用いて符号化された、1 つのコンピュータ可読記憶媒体（又は、複数のコンピュータ可読記憶媒体）（例えば、コンピュータメモリ、1 つ又は複数のフロッピーディスク、コンパクトディスク、光ディスク、磁気テープ、フラッシュメモリ、フィールド・プログラマブル・ゲート・アレイ若しくは他の半導体デバイスでの回路構成、又は他の有形のコンピュータ記憶媒体）として具現化されることがある。1 つ又は複数のコンピュータ可読媒体は、そこに格納された 1 つ又は複数のプログラムを、1 つ若しくは複数の異なるコンピュータ又は他のプロセッサにロードして、上述した態様のうちの様々なものを実施することができるように、可搬型とすることができる。実施形態によっては、コンピュータ可読媒体は、非一時的な媒体であり得る。

#### 【0107】

「プログラム」又は「ソフトウェア」という用語は、本明細書では一般的な意味で使用され、上述のような様々な態様を実施するようにコンピュータ又は他のプロセッサをプログラムするために使用することができる、任意のタイプのコンピュータコード又はコンピュータ実行可能命令の組を指す。更に、一態様によれば、実行されると本開示の方法を実行する 1 つ又は複数のコンピュータプログラムは、単一のコンピュータ又はプロセッサ上に存在する必要はないが、多数の異なるコンピュータ又はプロセッサ間にモジュール方式で分散されて、本開示の様々な態様を実施することがあることを理解されたい。

#### 【0108】

コンピュータ実行可能命令は、1 つ若しくは複数のコンピュータ又は他の機器によって実行される、プログラムモジュールなどの多くの形態のものであり得る。一般的に、プロ

10

20

30

40

50

グラムモジュールは、特定のタスクを実行するか又は特定の抽象的なデータタイプを実装する、ルーチン、プログラム、オブジェクト、コンポーネント、データ構造等を含む。通常、プログラムモジュールの機能は、様々な実施形態で所望されるように結合されたり又は分散されたりすることがある。

【0109】

また、データ構造は、任意の適切な形式でコンピュータ可読媒体に格納されることがある。説明を簡単にするために、データ構造は、データ構造内の位置を通じて関連付けられたフィールドを有するように示されることがある。そのような関係は、フィールド間の関係を伝えるコンピュータ可読媒体における位置をフィールド用の記憶領域に割り当てることにより、同様に達成されることがある。しかしながら、ポインタ、タグ、又はデータ要素間の関係を確立する他の機構の使用を含めて、任意の適切な機構を使用して、データ構造のフィールド内の情報同士の関係を確立することがある。

10

【0110】

ソフトウェアで実装される場合、ソフトウェアコードは、単一のコンピュータで提供されようとして又は複数のコンピュータ間に分散されようとして、任意の適切なプロセッサ又はプロセッサの集合によって、実行することができる。

【0111】

更に、コンピュータは、非限定的な例として、ラックマウント型コンピュータ、デスクトップコンピュータ、ラップトップコンピュータ、又はタブレットコンピュータなどの多数の形態のうちのいずれかで、具現化されることがあることを理解されたい。更に、コンピュータは、個人用デジタル補助装置(PDA)、スマートフォン、又は任意の他の適切な携帯型若しくは固定された電子機器を含めて、一般的にはコンピュータとはみなされないが適切な処理能力を有する機器に組み込まれることがある。

20

【0112】

また、コンピュータは1つ又は複数の入出力デバイスを有することがある。これらのデバイスは、とりわけ、ユーザインターフェースを提示するために使用することができる。ユーザインターフェースを提供するために使用することができる出力デバイスの例としては、出力の視覚的表現のためのプリンタ又は表示画面、及び出力の可聴表現のためのスピーカー又は他のサウンド生成機器が挙げられる。ユーザインターフェースのために使用することができる入力デバイスの例としては、キーボード、並びにマウス、タッチパッド、及びデジタル化・タブレットなどのポインティング・デバイスが挙げられる。別の例として、コンピュータは、音声認識を通じて、又は他の可聴形式で、入力情報を受け取ることがある。

30

【0113】

そのようなコンピュータは、企業ネットワークなどのローカルエリアネットワーク又は広域ネットワーク、及びインテリジェントネットワーク(IN)又はインターネットを含む、任意の適切な形態の1つ又は複数のネットワークによって相互接続されることがある。そのようなネットワークは、任意の適切な技術に基づくことがあり、また、任意の適切なプロトコルに従って動作することがあり、無線ネットワーク、有線ネットワーク、又は光ファイバーネットワークを含むことがある。

40

【0114】

また、説明したように、幾つかの態様は1つ又は複数の方法として具現化することができる。方法の一部として行われる動作は、任意の適切な方法で順序付けられることがある。従って、例示的な実施形態では連続した動作として示されていたとしても、幾つかの動作を同時に行うことを含むことがある、図示されたものとは異なる順序で動作が行われる実施形態を構築することがある。

【0115】

全ての定義は、本明細書で規定し使用する場合、辞書の定義、参照により組み込まれる文献での定義、及び/又は定義された用語の通常の意味、を制御するものと理解されるべきである。

50

## 【0116】

不定冠詞「a」及び「an」は、本明細書及び特許請求の範囲で使用される場合、特段の断りが無い限り、「少なくとも1つ」を意味するものと理解されるべきである。

## 【0117】

「及び/又は」という語句は、本明細書及び特許請求の範囲で使用される場合、そのように結合された要素の「一方又は両方」、即ち、ある場合では連言的に存在し、他の場合では選言的に存在する要素、を意味するものと理解されるべきである。「及び/又は」を用いて列挙された複数の要素は、同じように、即ち、そのように結合された要素の「1つ又は複数」と解釈されるべきである。「及び/又は」の節によって具体的に特定された要素以外にも他の要素が、具体的に特定されたそれらの要素と関係するか関係しないかに関わらず、任意選択的に存在することがある。従って、非限定的な例として、「A及び/又はB」への言及は、「含む (comprising)」などのオープンエンドの言葉と共に使用される場合、一実施形態では、Aのみ (任意選択的にB以外の要素を含む) を指し、別の実施形態では、Bのみ (任意選択的にA以外の要素を含む) を指し、更に別の実施形態では、AとBの両方 (任意選択的に他の要素を含む) を指す、などができる。

10

## 【0118】

本明細書及び特許請求の範囲で使用する場合、1つ又は複数の要素のリストに関する「少なくとも1つ」という語句は、その要素のリスト中の要素のうちいずれか1つ又は複数から選択される少なくとも1つの要素を意味するが、その要素のリスト内に具体的に列挙された全ての要素の少なくとも1つを必ずしも含むわけではなく、また、その要素のリスト内の要素の任意の組み合わせを除外しないことが、理解されるべきである。この定義は、「少なくとも1つ」という語句が指す要素のリスト内で具体的に特定された要素以外にも、具体的に特定されたそれらの要素と関係するか関係しないかに関わらず、要素が任意選択的に存在することがあることを可能にする。従って、非限定的な例として、「A及びBの少なくとも1つ」(換言すると、「A又はBの少なくとも1つ」、又は換言すると「A及び/又はBの少なくとも1つ」)は、一実施形態では、Bが存在しない状態で(かつ任意選択的にB以外の要素を含んで)、少なくとも1つのA、任意選択的に2つ以上のAを含むことを指し、別の実施形態では、Aが存在しない状態で(かつ任意選択的にA以外の要素を含んで)、少なくとも1つのB、任意選択的に2つ以上のBを含むことを指し、更に別の実施形態では、少なくとも1つのA、任意選択的に2つ以上のAを含み、かつ、少なくとも1つのB、任意選択的に2つ以上のBを含む(かつ、任意選択的に他の要素を含む)を指す、などができる。

20

30

## 【0119】

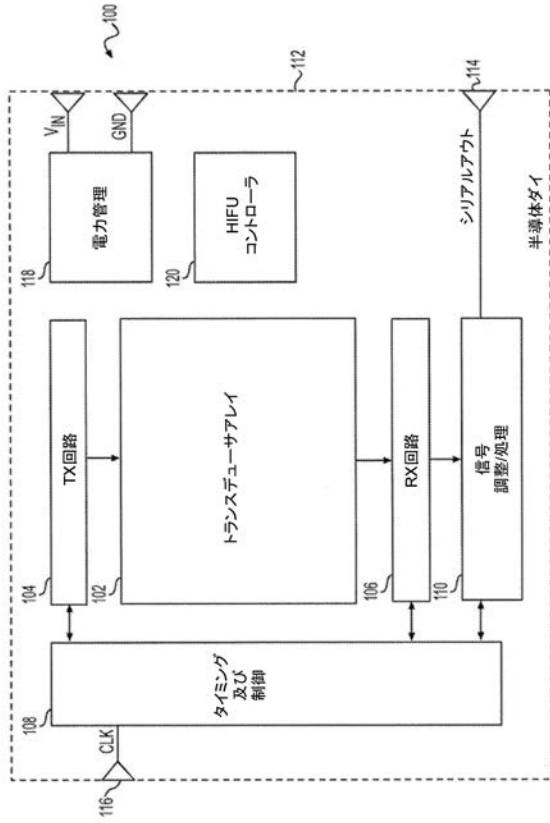
また、本明細書で使用する語句及び用語は、説明のためのものであり、限定するものとしてみなされるべきではない。「含む (including)」、「含む (comprising)」、又は「有する (having)」、「含む (containing)」、「含む (involving)」、及びそれらの変形の本明細書での使用は、その後列挙される項目及びその均等物、並びに追加の項目を包含することが意図されている。

## 【0120】

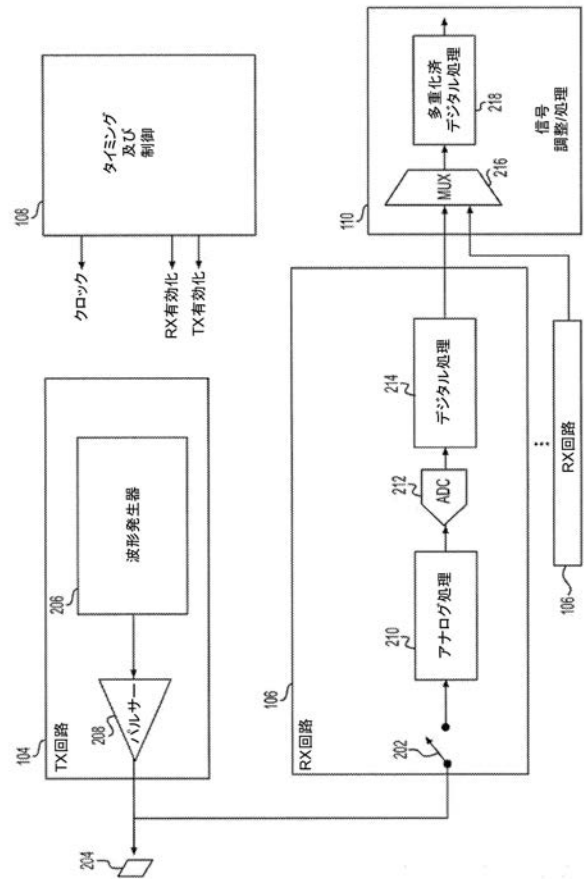
特許請求の範囲並びに上記の明細書では、「含む (comprising)」、「含む (including)」、「運ぶ (carrying)」、「有する (having)」、「含む (containing)」、「含む (involving)」、「保持する (holding)」、「構成する (composed of)」などの全ての移行句は、オープンエンドである、即ち、「~を含むが、それらに限定はされない」ことを意味するものと理解されるべきである。「~からなる (consisting of)」及び「~から本質的になる (consisting essentially of)」という移行句のみが、それぞれクローズド又はセミクローズドの移行句であるものとする。

40

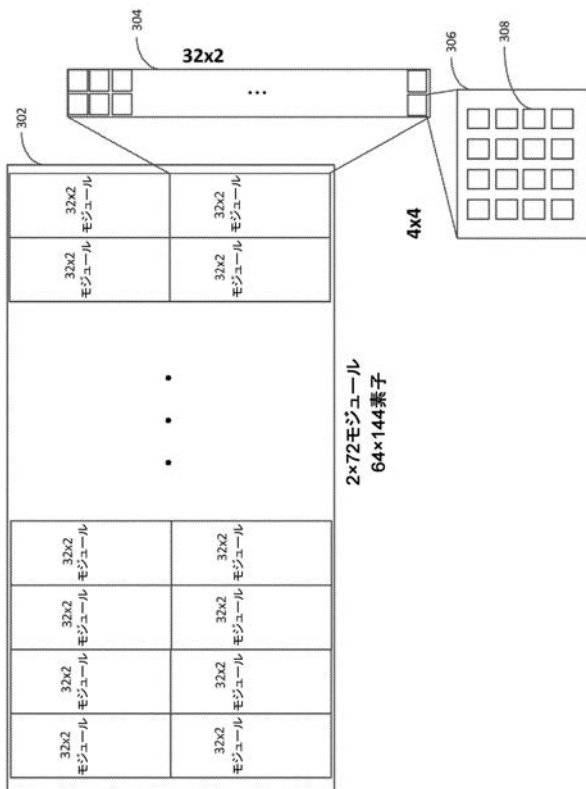
【図1】



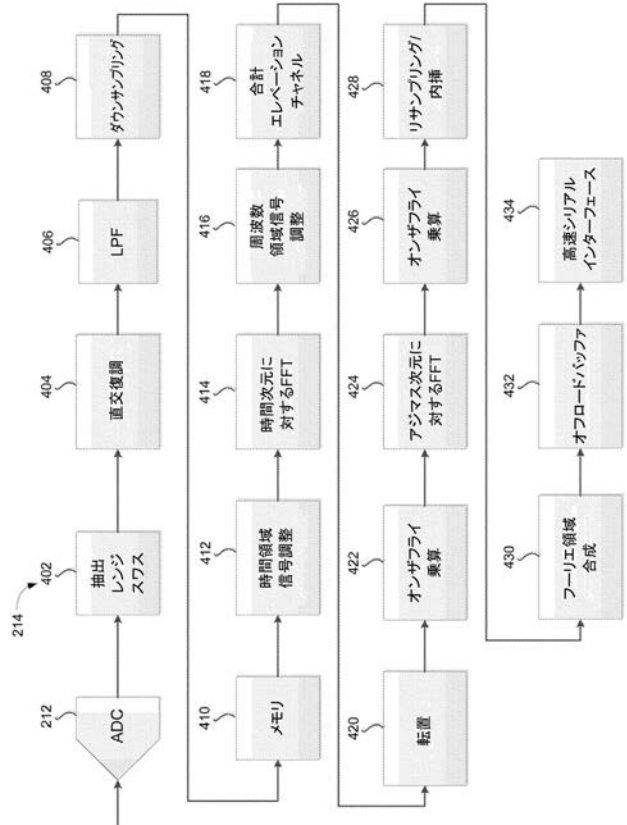
【図2】



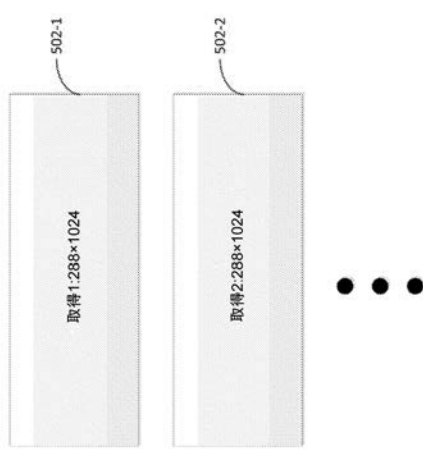
【図3】



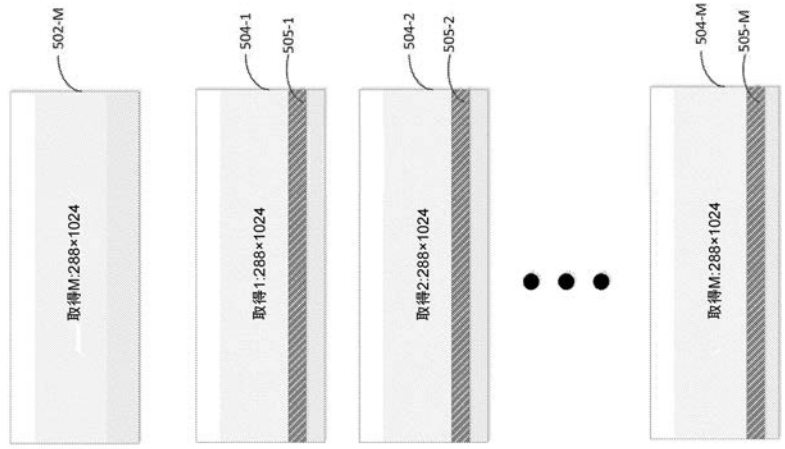
【図4】



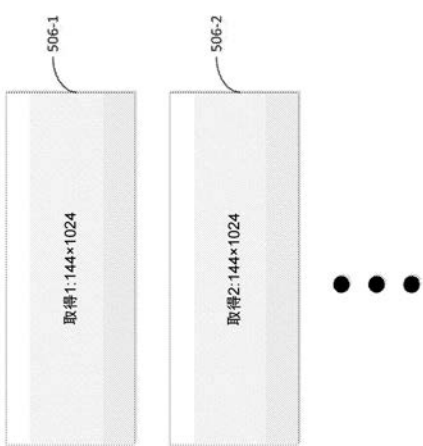
【図 5 A】



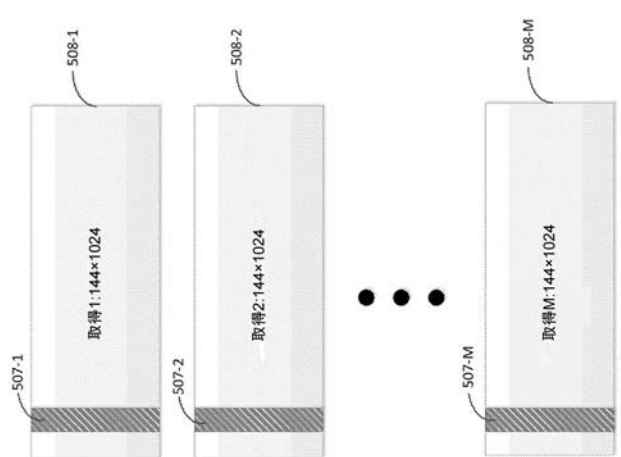
【図 5 B】



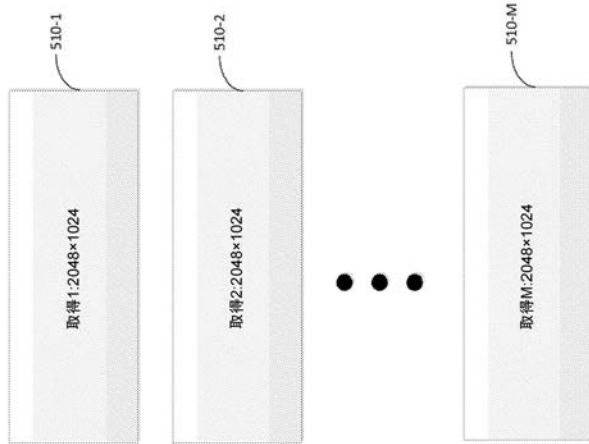
【図 5 C】



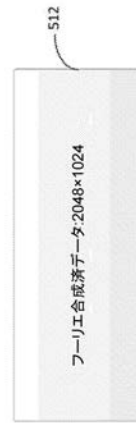
【図 5 D】



【図 5 E】



【図 5 F】



【図 6】



## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US16/58033
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC(8) - H04R 1/40; G01S 15/89; A61B 8/14 (2016.01) CPC - A61B 8/4483, 8/4494, 8/5261; G01S 15/8915 15/8977 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC(8) Classifications: H04R 1/40; G01S 15/89; A61B 8/14 (2016.01) CPC Classifications: A61B 8/4483, 8/4494, 8/5261; G01S 15/8915 15/8977 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) PatSeer (US, EP, WO, JP, DE, GB, CN, FR, KR, ES, AU, IN, CA, Other Countries (INPADOC), RU, AT, CH, TH, BR, PH); Google Patent, Google Scholar, IEEE, Ebsco; Keywords: ultrasound imaging system, transducer, fast fourier transformation, channels, signal compounding, 1D FFT, resampling, complex data, weight factor, signals, frequency, high speed interface, monolithic.		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2014/0288428 A1 (BUTTERFLY NETWORK INC.) September 25, 2014; figures 1, 8 paragraphs [0002], [0009], [0022], [0076], [0080], [0099], claim 1, 24, 68, 89	1-5, 8-15, 18
Y -- A	WO 2011/183475 A1 (LYRIC SEMICONDUCTOR) December 29, 2011; page 3, lines 4-6, page 6, line 24- page 7, line 14, claim 9	1-5, 8-15, 18 -- 6, 16
Y -- A	US 2014/0200456 A1 (OWEN, K) July 17, 2014; abstract, paragraphs [0025], [0027], [0032], [0042], claim 11	3, 4, 5, 8, 13-15 -- 6, 16
Y	US 2009/0036772 A1 (LU, J) February 05, 2009; paragraphs [0176]-[0182], [0192]	9, 10
Y	US 2013/0172752 A1 (INDUSTRIAL TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE) July 4, 2013; claim 5	18
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 17 December 2016 (17.12.2016)		Date of mailing of the international search report <b>12 JAN 2017</b>
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-8300		Authorized officer Shane Thomas PCT Helpdesk: 571-272-4900 PCT OSP: 571-272-7774

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA

(特許庁注：以下のものは登録商標)

- 1 . F I R E W I R E
- 2 . T H U N D E R B O L T

(72)発明者 ラルストーン, タイラー, エス.

アメリカ合衆国, コネチカット州 0 6 4 1 3 , クリントン, ビーチ パーク ロード 5 6  
Fターム(参考) 4C601 EE01 GB06 GB18 HH01 JB24 JB31 JB47 JB49

专利名称(译)	超声信号处理电路及相关设备和方法		
公开(公告)号	<a href="#">JP2019505285A</a>	公开(公告)日	2019-02-28
申请号	JP2018533874	申请日	2016-10-21
[标]申请(专利权)人(译)	蝴蝶网络有限公司		
申请(专利权)人(译)	蝴蝶网络公司		
[标]发明人	ラルストーンタイラーエス		
发明人	ラルストーン,タイラー,エス.		
IPC分类号	A61B8/14		
CPC分类号	A61B8/4494 A61B8/5207 G01S7/52034 G01S7/5208 G01S15/8915 G01S15/8977		
FI分类号	A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/EE01 4C601/GB06 4C601/GB18 4C601/HH01 4C601/JB24 4C601/JB31 4C601/JB47 4C601/JB49		
代理人(译)	江口明彦 内藤一彦		
优先权	14/997,381 2016-01-15 US		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

将描述超声信号处理电路以及相关的装置和方法。对应于由超声换能器阵列执行的每个采集的信号样本组可以通过被变换到傅立叶域中并且通过应用一个或多个加权函数来进行处理。可以在傅立叶域中将变换后的信号组合在一起，以获得可以用于成像的一组傅立叶合成信号。

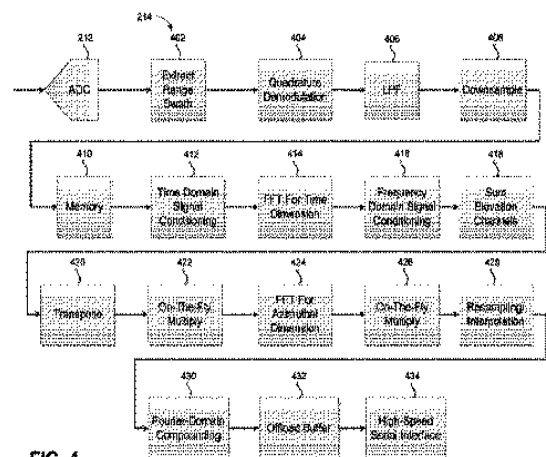


FIG. 4