

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第6279725号
(P6279725)

(45) 発行日 平成30年2月14日(2018.2.14)

(24) 登録日 平成30年1月26日(2018.1.26)

(51) Int.Cl.

F I

HO4R 19/00 (2006.01)

HO4R 19/00 330

A61B 8/14 (2006.01)

A61B 8/14

請求項の数 11 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2016-522924 (P2016-522924)	(73) 特許権者	590000248
(86) (22) 出願日	平成26年6月24日 (2014.6.24)		コーニンクレッカ フィリップス エヌ
(65) 公表番号	特表2016-530757 (P2016-530757A)		ヴェ
(43) 公表日	平成28年9月29日 (2016.9.29)		KONINKLIJKE PHILIPS
(86) 国際出願番号	PCT/IB2014/062559		N. V.
(87) 国際公開番号	W02014/207654		オランダ国 5656 アーエー アイン
(87) 国際公開日	平成26年12月31日 (2014.12.31)		ドーフエン ハイテック キャンパス 5
審査請求日	平成29年6月23日 (2017.6.23)		High Tech Campus 5,
(31) 優先権主張番号	61/839,641		NL-5656 AE Eindhoven
(32) 優先日	平成25年6月26日 (2013.6.26)	(74) 代理人	110001690
(33) 優先権主張国	米国 (US)		特許業務法人M&Sパートナーズ

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波トランスジューサアレイのための集積回路装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

六角形アレイに配置された複数の容量性微細加工超音波トランスジューサ（CMUT）セルであって、前記六角形アレイは列方向に平行なCMUTセルの複数の交互の偶数及び奇数列を有し、前記奇数列が前記偶数列に対し前記列方向において1つのCMUTセルの寸法の二分の一だけオフセットされて配置される複数のCMUTセルと、

複数の送受信（TR）セルを有する特定用途向け集積回路（ASIC）であって、各CMUTセルが各TRセルに1対1の対応で重なるASICと、
を有する集積回路装置であって、

前記ASICが、前記列方向における前記オフセットを考慮に入れるために、前記六角形アレイのCMUTセルの偶数及び奇数列に対して異なるビーム形成遅延を付与するオフセット調節器を更に有し、

前記オフセット調節器が2つの別個のハードウェアユニットを有し、第1ハードウェアユニットは前記偶数列のTRセルのビーム形成遅延を制御し、第2ハードウェアユニットが前記奇数列のTRセルのビーム形成遅延を制御し、

前記第1ハードウェアユニットにより付与されるビーム形成遅延及び前記第2ハードウェアユニットにより付与されるビーム形成遅延が、前記列方向における前記偶数及び奇数列の間のオフセットに依存する時定数遅延関数で少なくとも相違する、集積回路装置。

【請求項 2】

前記オフセット調節器がハードウェアで実施化される、請求項1に記載の集積回路装置

10

20

。

【請求項 3】

前記第 1 ハードウェアユニットが第 1 組のバスを有し、前記第 2 ハードウェアユニットが第 2 組のバスを有する、請求項 1 に記載の集積回路装置。

【請求項 4】

前記第 1 組のバスは前記偶数列の T R セルには接続されるが前記奇数列の T R セルには接続されず、前記第 2 組のバスは前記奇数列の T R セルには接続されるが前記偶数列の T R セルには接続されない、請求項 3 に記載の集積回路装置。

【請求項 5】

前記 T R セルが長方形の形状を有する、請求項 1 に記載の集積回路装置。

10

【請求項 6】

前記 T R セルは前記列方向に対して垂直に走る平行な行に配置され、各行における T R セルが互いに一直線に配置される、請求項 1 に記載の集積回路装置。

【請求項 7】

前記 T R セルの前記列方向における寸法が 1 つの C M U T セルの前記列方向における寸法より小さい、請求項 1 に記載の集積回路装置。

【請求項 8】

前記第 1 及び第 2 組のバスが、各々、別個の水平なバスラインを有し、これらバスラインが前記列方向に対して垂直に走る平行な T R セルの行の間のギャップ内に配置される、請求項 3 及び請求項 6 に記載の集積回路装置。

20

【請求項 9】

前記列方向に垂直な方向における異なる C M U T セルのオフセットを考慮に入れるべく、前記六角形アレイの C M U T セルの前記偶数及び奇数列に対して異なるビーム形成遅延を付与するために前記第 1 及び第 2 組のバスが、各々、前記列方向に走る別の垂直バスラインを更に有する、請求項 3 に記載の集積回路装置。

【請求項 10】

請求項 1 ないし 9 の何れか一項に記載の集積回路装置を有する、超音波トランスジューサ。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の超音波トランスジューサを有する、超音波撮像システム。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波トランスジューサアレイのための集積回路装置に関する。本発明は、特に、一群の容量性微細加工超音波トランスジューサ（C M U T）を有する集積回路装置に関する。本発明は、更に、このような集積回路を有する超音波トランスジューサ及び斯かる超音波トランスジューサを備える超音波撮像システムにも関する。

【背景技術】

【0002】

如何なる超音波撮像システムの核心も、電気エネルギーを音響エネルギーに変換すると共に、その逆を行うトランスジューサである。伝統的に、これらのトランスジューサは、直線状（1 D）トランスジューサアレイに配置されると共に 10 M H z までの周波数で動作する圧電性結晶から作製される。しかしながら、マトリクス（2 D）トランスジューサアレイに向かう傾向並びに超音波撮像機能をカテーテル及びガイドワイヤに組み込むために小型化に向かう動向の結果、所謂、容量性微細加工超音波トランスジューサ（C M U T）の開発が生じた。C M U T は、膜体（又はダイヤフラム）、該膜体の下の空洞（キャビティ）及びコンデンサを形成する電極を有している。超音波を受信するために、超音波は膜体を移動又は振動させ、電極間の容量の変化を検出することができる。これにより、超音波は対応する電気信号に変換される。逆に、電極に印加される電気信号は膜体を移動又は振動させ、これにより超音波を送信する。

40

50

【 0 0 0 3 】

現在のところ、CMUTは医療診断及び超音波治療における使用に関して研究されている。特に関心があるものは、CMUT及び特定用途向け集積回路（ASIC）の統合である。というのは、モノリシック全シリコンプロセスにより完全なトランスジューサ機能を設けるために、ASICの表面上にCMUTを直接作製することができるからである。

【 0 0 0 4 】

更に、斯様なデバイスにおける利用可能な領域を能動CMUTにより可能な限り完全に充填することが有利である。この結果、最良の全体的性能が得られる。デバイスは、CMUTの正方形及び六角形のパターンで製造され、その場合において、CMUT自体は円形又は六角形である。CMUTによる領域の最適な充填の観点からは、六角形パターンが最も効率的である。このような六角形CMUTセルの典型的なセル寸法は、六角形の平らな辺から平らな辺までが25～50ミクロンである。

【 0 0 0 5 】

米国特許出願公開第2005/0148132号公報は、このような六角形パターンのCMUTセルの一例を開示している。該例に設けられた集積回路は六角形配置のCMOSセルを備えた基板を有し、斯かるCMOSセルにおける1つ置き列は隣接する列から該列の方向においてセル寸法の二分の一に等しい距離だけオフセットされ、各セルの幅は上記CMOSセルが対応する微細加工エレメントと整列するように選択されている。六角形配置のCMUTセルが上記基板に重なり、これらCMUT及びCMOSセルは1対1の対応で配置される。

【 0 0 0 6 】

米国特許出願公開第2005/0148132号公報は、このようなCMUTセルの微細加工された六角形配置の基板上での製造を示している。しかしながら、該公報は斯様な六角形アレイ上でどの様にビーム形成（beamforming）が実行されるかについては述べていない。従って、依然として改善の余地がある。CMUT及びASIC回路の統合に関する興味ある構成例は、ASICが音響ビーム形成機能の一部又は全てを実行する場合におけるものである。特に、該ASICは送信、受信、遅延及び加算（summation）の機能を実行する回路を含むものである。必要とされるものは、微細ビーム形成器に適した効率的なASIC配置を備える六角形パターンのCMUTを実施化する方法である。

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 7 】

本発明の目的は、特に超音波トランスジューサのための改善された集積回路装置であって、微細ビーム形成器に適した効率的なASIC配置を持つ六角形パターンのCMUTを構成することを可能にする集積回路装置を提供することである。特に、本発明の目的は、このようなCMUTの六角形アレイにおいて容易且つ効率的な微細ビーム形成を可能にするような集積回路装置の優れたデザインを提供することである。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 8 】

本発明の第1態様においては、集積回路装置が提供され、該集積回路装置は、
- 六角形アレイに配置された複数の容量性微細加工超音波トランスジューサ（CMUT）セルであって、前記六角形アレイは列方向に平行なCMUTセルの複数の交互の偶数及び奇数列を有し、前記奇数列が前記偶数列に対し前記列方向において1つのCMUTセルの寸法の二分の一だけオフセットされて配置される複数のCMUTセルと、
- 複数の送受信（TR）セルを有する特定用途向け集積回路（ASIC）であって、各CMUTセルが各TRセルに1対1の対応で重なるASICと、
を有し、

前記ASICは、前記列方向における前記オフセットを考慮に入れるために、前記六角形アレイのCMUTセルの偶数及び奇数列に対して異なるビーム形成遅延を付与するオフセット調節器を更に有する。

【 0 0 0 9 】

本発明の他の態様においては、斯様な集積回路装置を有する超音波トランスジューサが提供される。

【 0 0 1 0 】

本発明の更に他の態様においては、この種の超音波トランスジューサを有する超音波撮像システムが提供される。

【 0 0 1 1 】

本発明の好ましい実施態様は、従属請求項に記載されている。請求項に記載された超音波トランスジューサ及び請求項に記載された超音波撮像システムは、請求項に記載された集積回路装置の従属請求項に記載されたものと同様及び／又は同一の好ましい実施態様を有すると理解されるべきである。

10

【 0 0 1 2 】

六角形アレイのCMUTにおいて、当該アレイは、交互の列のCMUTの位置が垂直方向の寸法（ここでは、列方向の寸法と称する）の二分の一によりオフセットされた、2つの長方形アレイの重ね合わせと見ることができる。微細ビーム形成ASICにおいて、該ASICは各CMUTの下に部分的ビーム形成処理（即ち、遅延及び加算機能）を実行する回路を含んでいる。六角形構成において、垂直方向依存性遅延機能（列方向の位置に依存する遅延関数）は、半ピッチの垂直方向オフセットの理由により、交互の列に対して相違しなければならない。この調整無しでは、画像品質が影響を受け、結果としての画像は少なくとも部分的に不鮮明（ぼやけたもの）となる。

20

【 0 0 1 3 】

本発明の主要な態様の1つは、六角形アレイのCMUTセルにおける交互の列の間の幾何学的オフセットをビーム形成制御内に適応させることである。提供されるビーム形成制御は偶数及び奇数列を加算するもので、これは偶数及び奇数列が好ましくは別途に制御されることを意味する。言い換えると、偶数列のビーム形成は、好ましくは、奇数列のビーム形成とは別途に処理される。このことは上記ASICに対する知的なハードウェアデザインにより実現され、該ハードウェアは、ここでは、交互の列の間の列方向（垂直方向）のオフセットを考慮すべく（に対処すべく）、当該六角形アレイのCMUTセルの偶数及び奇数列に対して異なるビーム形成遅延を付与する（もたらす）ように構成されたオフセット調節器として示される。

30

【 0 0 1 4 】

従って、上記オフセット調節器は六角形配置における交互の列の生来の幾何学的オフセットを除去する。このオフセット調節は、好ましくは、ハードウェアにより実施化されるので、当該トランスジューサアレイ内の各CMUTセルの位置及び結果的ビームの所望のステアリング角に依存する動的ビーム形成制御を、当該CMUTセルが交互の列又は行の間に幾何学的オフセットを伴わない均一に分布されたアレイにおける長方形又は正方形のセルとして実現されたかのように、“通常の”態様で実現することができる。

【 0 0 1 5 】

偶数及び奇数列のビーム形成を別個に処理することは、標準的部品を偶数列に対してビーム形成遅延を付与するために使用することができると同時に標準的部品を奇数列に対してビーム形成遅延を付与するためにも使用することができるという利点も更に有している。この構成は、製造を極めて簡素化させ、従って製造コストを節約する。これとは別に、この構成は、CMUT及びTRセルに対して残されるASIC上の空間を節約することも可能にする。このことは、画像解像度を改善することができることも意味する。言い換えると、CMUT配置に関して表面の面積利用が最大化される。

40

【 0 0 1 6 】

好ましい実施態様によれば、前記オフセット調節器は2つの別個のハードウェアユニットを有し、第1ハードウェアユニットは前記偶数列のTRセルのビーム形成遅延を制御し、第2ハードウェアユニットは前記奇数列のTRセルのビーム形成遅延を制御する。

【 0 0 1 7 】

50

偶数及び奇数列間の幾何学的オフセットをハードウェア構成により除去することにより、これらのハードウェアユニットは、長方形のトランスジューサアレイ（幾何学的オフセットを伴わない）に通常に使用される標準の部品とすることができる。このような解決策は、勿論、部品のための費用を、従って全製品コストも節約する。

【 0 0 1 8 】

言い換えると、六角形配置のCMUTを有する微細ビーム形成器のための好ましい実施態様は、セルに対して垂直方向依存性遅延関数（列方向の垂直方向ステアリング角に依存する）を付与する責任を負う等しいハードウェアユニットの2つの複製を設けることである。

【 0 0 1 9 】

10

好ましくは、前記第1ハードウェアユニットにより付与されるビーム形成遅延及び前記第2ハードウェアユニットにより付与されるビーム形成遅延は、前記列方向における前記偶数及び奇数列の間の幾何学的オフセットに依存する時定数遅延関数が少なくとも相違する。しかしながら、当該ビームを所与の方向にステアリングするために使用される動的ビーム形成遅延は、同一とすることができ、垂直方向ステアリング角（列方向の）関数としてのみ変化する。

【 0 0 2 0 】

他の好ましい実施態様によれば、前記第1ハードウェアユニットは第1組のバスを有し、前記第2ハードウェアユニットは第2組のバスを有する。言い換えると、微細ビーム形成のために使用される遅延関数は、当該ASICにわたり水平に（即ち、列方向に対して垂直又は直角に）走る2つの別個の組のバス上で伝達される。上記第1組のバスは偶数番号の列のTRセルを制御するために使用され、第2組のバスは奇数番号の列のTRセルを制御するために使用される。

20

【 0 0 2 1 】

前記第1組のバスは、好ましくは、前記偶数列のTRセルには接続されるが前記奇数列のTRセルには接続されず、前記第2組のバスは前記奇数列のTRセルには接続されるが前記偶数列のTRセルには接続されない。しかしながら、これは直接的接続にのみ言及していることに注意されたい。一般的に、第1組のバスが少なくとも奇数列のTRセルに間接的に接続されることも考えられる。同様に、第2組のバスも、偶数列のTRセルに間接的に接続することができる。

30

【 0 0 2 2 】

他の実施態様によれば、前記TRセルは長方形の形状を有する。六角形形状のTRセルは六角形CMUTセルに一層容易に位置合わせすることができるが、このような微細ビーム形成器TRセルは好ましくは長方形格子状上に形成される。というのは、このことはASICのデザイン及び結晶材料のASIC上の個々のエレメントへの切断の両方を容易にするからである。このことは、製造コストも節約する。

【 0 0 2 3 】

CMUTセル及びTRセルの幾何学的相違にも拘わらず、1対1の対応を達成することは依然として可能であり、これは各CMUTセルがASIC上の単一のTRセルに割り当てられることを意味する。CMUTセルは、微細ビーム形成器TRセルの長方形アレイ上に配置される。CMUTの基本的寸法及びASICにおけるTRセルの長方形の周期的間隔を調整することにより、相互接続を容易に行うことができるように、CMUTセルとTRセルとの間の1対1の対応を達成することができる。それでも、上記相互接続は可能な限り短くデザインすることができる。

40

【 0 0 2 4 】

他の好ましい実施態様において、前記TRセルは前記列方向に対して垂直に走る平行な行に配置され、各行におけるTRセルは互いに一直線に配置される。

【 0 0 2 5 】

このことは、偶数列のCMUTセルに割り当てられるTRセルは対応するCMUT（同じ幾何学中心を持つ）の真下に配置することができる一方、奇数列のCMUTセルに接続

50

されるＴＲセルは対応するＣＭＵＴセルから僅かにオフセットされて配置されることを意味する。それにも拘わらず、これらのＴＲセル及び奇数列のＣＭＵＴセルの間の相互接続は依然として十分に短く保つことができる。

【００２６】

他の実施態様において、前記ＴＲセルの前記列方向（垂直方向）における寸法は１つのＣＭＵＴセルの前記列方向における寸法より小さい。

【００２７】

このように、ＡＳＩＣ上にはＴＲセルの行の間に空間が残存する。この余分な空間は、微細ビーム形成制御のための通信ラインの配置のために使用することができる。

【００２８】

好ましい実施態様によれば、前記第１及び第２組のバスは、各々、幾つかの水平なバスラインを有し、これらバスラインは前記列方向に対して垂直に走る平行なＴＲセルの行の間のギャップ内に配置される。これらのギャップを上記水平バスラインの配置のために使用することは、非常に優れた解決策である。何故なら、これらのバスラインは、この場合、ＴＲセルと干渉することがなく、それでいてＴＲセル自体のためには十分な余裕があるからである。

【００２９】

上述した説明は垂直方向依存性遅延機能を考慮するために水平に配置されるバスラインに主に焦点を合わせたが、水平方向依存性遅延関数は、好ましくは、ＡＳＩＣにわたって垂直に（列方向に）走る他のバスラインを介して伝達されることは明らかである。

【００３０】

好ましい実施態様によれば、前記列方向に垂直な方向における異なるＣＭＵＴセルのオフセットを考慮に入れるべく、前記六角形アレイのＣＭＵＴセルの前記偶数及び奇数列に対して異なるビーム形成遅延を付与するために前記第１及び第２組のバスは、各々、前記列方向に走る別の垂直バスラインを更に有する。しかしながら、斯かる垂直バスラインは必ずしも前記水平バスラインと同様の態様で分けられる必要はない。水平方向依存遅延は、偶数及び奇数列の間を区別しない単一のバスシステムにより制御することもできる。

【００３１】

本発明の上記及び他の態様は、後述する実施態様から明らかとなり、斯かる実施態様を参照して解説される。

【図面の簡単な説明】

【００３２】

【図１】図１は、超音波撮像システムの一実施態様の概略図である。

【図２ａ】図２ａは、超音波撮像システムにおける信号及びデータの処理を概略的に示したブロック図を示す。

【図２ｂ】図２ｂは、トランスジューサアレイ及びビーム形成器の詳細図の一例を示す。

【図３ａ】図３ａは、本発明の一実施態様による微細ビーム形成器に適した効率的ＡＳＩＣ配置を持つＣＭＵＴセルの六角形配置を概略的に示す。

【図３ｂ】図３ｂは、本発明の一実施態様による微細ビーム形成器に適した効率的ＡＳＩＣ配置を持つＣＭＵＴセルの六角形配置を概略的に示す。

【図４】図４は、このようなＣＭＵＴセルの主なデザイン及び機能を解説するためにＣＭＵＴセルの断面を概略的に示す。

【発明を実施するための形態】

【００３３】

図１及び図２は、超音波撮像システムのデザイン原則及び斯様な超音波システムのトランスジューサアレイのデザイン原則を示す。これらの図は、超音波撮像の背景及び動作原理を説明するために使用される。請求項に記載される集積回路装置、請求項に記載される超音波トランスジューサ及び請求項に記載される超音波撮像システムは、このような種類のシステムに限定されるものではないと理解されるべきである。

【００３４】

図 1 の超音波撮像システムは、符号 10 により全体的に示されている。該超音波撮像システム 10 は、（例えば患者 12 の）身体の領域又はボリュームを走査するために使用される。該超音波システム 10 は、例えば動物又は他の生物の身体部分等の他の領域又はボリュームを走査するために使用することもできると理解されたい。

【0035】

患者 12 を走査するために、超音波プローブ 14 を設けることができる。図示した実施態様において、超音波プローブ 14 はコンソール装置 16 に接続されている。コンソール装置 16 は図 1 ではモバイルコンソールとして示されている。しかしながら、このコンソールは静止型装置として実現することもできる。コンソール装置 16 は、有線態様で形成されたインターフェース 18 を介してプローブ 14 に接続される。更に、コンソール装置 16 を無線態様で（例えば、UWB 伝送技術を用いて）接続することも考えられる。コンソール装置 16 は更に入力装置 20 を有する。入力装置 20 は、当該超音波撮像システム 10 のユーザに対して入力メカニズムを提供するために、ボタン、キーパッド及び/又はタッチスクリーンを有することができる。加えて又は代わりに、ユーザが当該超音波撮像システム 10 を制御することを可能にするために、他のメカニズムも該入力装置 20 に存在し得る。

【0036】

更に、コンソール装置 16 は当該超音波撮像システム 10 により発生された表示データをユーザに表示するためのディスプレイ 22 を有している。これにより、超音波プローブ 14 により走査された患者 12 内のボリュームを、該超音波システム 10 のユーザによりコンソール装置 16 上で見る事ができる。

【0037】

図 2 a は、2D 又は 3D 超音波撮像システム 100 の典型的な動作を説明したブロック図を示す。超音波トランスジューサ 26 は超音波信号を放出し、該超音波信号はボリューム 24 から該トランスジューサ 26 に戻る応答を発生させる。ボリューム 24 から受信された信号は、トランスジューサ 26 により電気信号に変換される。次いで、これらの電気信号は、微細ビーム形成器 28 により及び最終的に主又はマスタビーム形成器 30 によりビーム形成されるが、これは後に更に詳細に説明する。主ビーム形成器 30 は画像信号を信号プロセッサ 32 に供給する。該信号プロセッサ 32 は該画像信号から、検出された音響データ（所謂、画像データ）を発生する。画像プロセッサ 34 は該画像データを、ディスプレイ 22 上で表示されるべき表示データに変換する。画像プロセッサ 34 は、表示されるべきボリューム 24 の 2D 断層撮影スライスを準備することができるか、又は当該画像データをディスプレイ 22 上に表示される 3D 画像に変換若しくはレンダリングすることができる。

【0038】

図 2 b は、トランスジューサアレイ 26、微細ビーム形成器 28 及び主ビーム形成器 30 の概念的詳細図である。トランスジューサアレイ 26 は通常は複数の音響エレメントから形成され、ここで該音響エレメントはトランスジューサエレメント 36 として示されている。本発明によれば、これらのトランスジューサエレメント 36 は容量性微細加工超音波トランスジューサ（CMUT）セル 40 により実現され、これらセルは図 3 を参照して更に詳細に説明されるように六角形マトリクスアレイに配列される。トランスジューサエレメント 36 は超音波信号を発生すると共に発生された応答を受信する。トランスジューサアレイ 26 は、複数の部分アレイ 38, 38' を形成する数千のトランスジューサエレメント 36 を有することができる。図示目的で、図 2 b には 2 つの部分アレイ 38, 38' のみが示されている。しかしながら、部分アレイ 38, 38' の数は 3 以上、例えば 8, 16, 32, 64, 128 等とすることもできる。

【0039】

トランスジューサアレイ 26 は複数の微細ビーム形成器 28 を有することができ、これら微細ビーム形成器はトランスジューサエレメント 36 を介しての音響パルスの送信及び受信の両方を制御すると共に、走査された媒体により発生された音響応答を組み合わせ

10

20

30

40

50

副アレイ加算音響信号を形成する。次いで、これら副アレイ加算音響信号はトランスジューサアレイ 26 から信号線を介して主ビーム形成器 30 に伝送される。図示の例においては、2つの副アレイ 38, 38' が、各々、4つの異なる微細ビーム形成器 28 に接続されている。しかしながら、各グループにおける微細ビーム形成器 28 の数は、例えば 8, 16, 32, 64 等のように、4 とは異なることもできる。副アレイ 38, 38' 内の各信号線は 1つの微細ビーム形成器 28 から生じ、当該副アレイ 38, 38' の他の信号線と結合されて、副アレイグループ出力を形成することができる。該副アレイ出力は、次いで、以下に説明するように主ビーム形成器 30 に接続される。

【0040】

ビーム形成の2つの主要なフェーズ、即ち送信及び受信、が存在する。送信の間においては、トランスジューサアレイ 26 のトランスジューサエレメント 36 から音響パルスが発生される。受信フェーズの間においては、当該ボリュームにおけるパルスからのエコーがトランスジューサアレイ 26 のトランスジューサ（音響）エレメントにより受信され、増幅され、合成される。送信フェーズにおけるビーム形成のために、送信遅延パルスは遅延された高電圧パルスを発生する。音響パルスはトランスジューサエレメント 36 により送信される。これら音響パルスは、超音波が当てられる媒体の三次元空間内に焦点を生じさせるために相対的に時間が決められる。受信フェーズにおいて、先に送信された音響パルスは当該ボリューム 24 内の構造によりエコー反射される。音響パルスが送信される時点と、発生されたパルスエコーがトランスジューサエレメント 36 により受信される時点との間において、所謂 T - R（送信 / 受信）スイッチが受信位置に切り換わる。音響パルスはトランスジューサエレメント 36 により身体の多数の点から受信され、受信サンブラは結果的音響波の周期的サンプルを取り込んで、小さな電圧であるアナログサンプルを発生する。次いで、これらのアナログサンプルは受信遅延だけ遅延される。これら受信遅延は静的遅延とすることができ、これは該遅延が音響受信の過程において変化されないことを意味する。受信遅延はプログラミングし、これにより受信フェーズの間において動的に変化させることができ、送信されたパルスが当該媒体内へ伝搬し該媒体内の一連の一層深い位置からエコーを生成する際に一定したアレイの焦点を維持することもできる。別個に遅延された受信信号は加算器により加算され、加算後に可変利得増幅器が時間利得補償を実行する。時間可変利得は、一層遅い時点にトランスジューサエレメント 36 により受信される信号が当該身体の一層深い深度に対応し、従って減衰される故に必要とされる。上記可変利得増幅器は、この減衰を、出力を増加させることにより補償する。副アレイ毎に加算された音響信号は、前記信号線により伝送される。

【0041】

従って、当該ビーム形成制御は動的及び / 又は静的ビーム形成を行って複数の副アレイ加算音響信号を発生し、これら信号は主ビーム形成器 30 における更なる静的及び / 又は動的ビーム形成器により受信される。該主ビーム形成器 30 は静的及び / 又は動的ビーム形成を実行し、一群の完全にビーム形成された画像信号を発生する。このようにして、1つの主すなわちマスタビーム形成器 30 が複数の微細ビーム形成器 28 を副グループ化する。これにより、ビーム形成器 30 から信号プロセッサ 32 への信号の数は、トランスジューサエレメント 36 の数と比較して大幅に低減することができる。

【0042】

本発明により好ましくはトランスジューサエレメント 36 として使用される CMUT セル 40 が、図 4 に概略断面図として示されている。このような CMUT セル 40 は、通常、膜体 42、該膜体の下の空洞 44、及びコンデンサを形成する電極 46, 48 を有する。超音波を受信するために、超音波は膜体 42 を移動又は振動させ、電極 46, 48 間の容量の変化を検出することができる。これにより、超音波は対応する電気信号に変換される。逆に、電極 46, 48 に印加される電気信号は膜体 42 を移動又は振動させ、これにより超音波を送信する。膜体 42 自体は、例えば、窒化ケイ素から形成することができる。CMUT セル 40 は、好ましくは、高度にドーピングされたシリコンを有することができる基板 50 上に形成される。電極 46, 48 は、好ましくは、金属合金等の導電材料か

ら形成される。膜体 4 2 の弾性振動を保証するために、空洞 4 4 は好ましくは真空にされる。しかしながら、該空洞は任意の好適な気体により充填することもできる。本発明による集積回路装置に使用される C M U T セルは、図 4 に概略的に示された C M U T セル 4 0 とはデザインが異なることもできると理解されるべきである。ここでは、図 4 は解説目的で、斯様な C M U T セルの一般的動作原理を説明するためにのみ使用されている。

【 0 0 4 3 】

図 3 a は、本発明による集積回路装置の一部を概略的に示している。該集積回路装置は六角形パターンに配置された C M U T セル 4 0 を有している。該六角形パターンの C M U T セル 4 0 は、A S I C 5 2 上に重ねられている。該 A S I C 5 2 は、複数の送受信 (T R) セル 5 4 を有している。これらの T R セル 5 4 は、前記ビーム形成回路の一部又は全部を、各 T R セル 5 4 が微細ビーム形成器 2 8 の一部を形成するようにして、含んでいる。更に詳細には、A S I C 5 2 は、微細ビーム形成及び / 又はビーム形成を行う機能、即ち送信、受信、遅延及び加算の機能を実行するための回路を含んでいる。典型的に、このような微細ビーム形成 T R セル 5 4 は長方形格子上にデザインされる。というのは、この構成は A S I C 5 2 のデザイン及び該 A S I C 5 2 上の個々のエレメントへの結晶材料の切断を容易にするからである。

【 0 0 4 4 】

各 C M U T セル 4 0 は単一の T R セル 5 4 に 1 対 1 の対応で割り当てられると共に接続される。この場合、C M U T セル 4 0 は六角形パターンに配列される。この六角形パターンは、複数の C M U T セル 4 0 を可能な最も密な詰め込み態様で配置することを可能にする。従って、図 3 a に示された六角形配置は、C M U T の配置のための表面の面積利用を最大にする。C M U T セル 4 0 の辺の寸法を s により示す場合、隣接する C M U T セル 4 0 の 2 つの中心間の間隔は、六角形パターンの 3 つの主な接近方法の何れにおいても、 $\sqrt{3} s$ 、 $1.73 s$ のみとなる。このような六角形パターンにおいて通常は円形の膜体 4 2 により達成することができる充填率は約 90.6% となり、これは下記の依存性から得られる：

【 数 1 】

$$A_{\text{circular membrane}} = \pi \left(\frac{\sqrt{3}}{2} s \right)^2 = \frac{3}{4} \pi s^2$$

【 数 2 】

$$A_{\text{hexagonal cell}} = \frac{3}{2} \sqrt{3} s^2$$

【 数 3 】

$$\text{充填率} = \frac{A_{\text{circular membrane}}}{A_{\text{hexagonal cell}}} = \frac{\pi}{2\sqrt{3}} \approx 90.6\%$$

【 0 0 4 5 】

C M U T セル 4 0 により領域を最適に充填するという観点からは、六角形パターンが最も効率が良い。六角形構成は、 $x + 30^\circ$ 及び y 方向における実効的音響ピッチが、C M U T 4 0 の本来的六角形ピッチ間隔より低く、及び T R セル 5 4 の y ピッチより低く減少されるという利点を更に有している。このことは、グレーディングローブが所与のステアリング角に関してアーチファクトの大きな発生源となる周波数を上昇させる。

【 0 0 4 6 】

図 3 a 及び 3 b において、C M U T セル 4 0 の六角形配置により、これらセルが異なる真っ直ぐな列 5 6、5 6' に配置されるように見え、その場合において 1 つの列 5 6、5

10

20

30

40

50

6'におけるCMUTセルは全て互いに整列されることが分かる。しかしながら、図3bの上側の部分に示されたように、隣接する列56, 56'のCMUTセル40は、六角形CMUTセル40の垂直方向ピッチの半分だけ互いにオフセットされて配置されている。このオフセットは図3bではdにより示され、ここで、
【数4】

$$d = \frac{\sqrt{3}}{2}s$$

である。

【0047】

言い換えると、六角形アレイのCMUTセル40は列方向yに平行な複数の交互の偶数列56及び奇数列56'を有し、奇数列56'は列方向に見て偶数列56に対しdだけオフセットされて配置されている。TRセル54は、好ましくは、x方向(列方向yに対して垂直な)に走る平行な行に配列されるので、このことは、奇数列56'のCMUTセル40に割り当てられるTRセル54も、これらから僅かにオフセットされて配置されることを意味する。従って、TRセル54をCMUT40に接続するために使用される接続パッド58'は、奇数列56'では偶数列56におけるよりも僅かに大きくなる(符号58及び58'を比較されたい)。

【0048】

もっと重要なことは、垂直方向依存性遅延機能(列方向yの)が半ピッチの垂直方向オフセットdにより交互の列に対して相違しなければならないということである。この垂直方向依存性遅延関数オフセットは、垂直方向ステアリング角の関数として変化する。

【0049】

本発明によれば、このことは、オフセットdを考慮に入れるべく、六角形アレイのCMUTセル40の偶数及び奇数列56, 56'に対して異なるビーム形成遅延を行うためにASIC52上にオフセット調節器60を設けることにより解決される。これによれば、交互の列56, 56'の間の幾何学的オフセットは、好ましくは、ハードウェア構成の解決策により除去される。提供されるビーム形成制御は偶数及び奇数列56, 56'を合計するが、このことは偶数及び奇数列56, 56'が好ましくは別個に制御されることを意味する。好ましい実施態様によれば、このことは、TRセル54に対して垂直方向依存性遅延関数を付与する責任を負うハードウェアの2つの複製を設けることにより実現される。これらの関数は2つの別個の組のバス62, 64上で伝達される。

【0050】

第1組のバス62は偶数番号の列56を制御するために使用される一方、第2組のバス64は奇数番号の列56'を制御するために使用される。偶数及び奇数列56, 56'のビーム形成を別個に処理することは、斯かる偶数及び奇数列56, 56'に対してビーム形成遅延を別個に行うために標準の構成部品を使用することができるという利点を有している。1つの通信バスのみが全ての列56, 56'に対して一緒に使用されたとしたら、交互の列56, 56'における各CMUTセル40に対して適用されるべき遅延値は、当該アレイにおける各CMUTセルの位置及びステアリング角に依存するのみならず、交互の列56, 56'の間のオフセットも考慮に入れられなければならないであろう。しかしながら、提示された解決策においては、第1組のバス62により付与されるビーム形成遅延及び第2組のバス64により付与されるビーム形成遅延は、偶数及び奇数列56, 56'の間の列方向yにおけるオフセットdに依存する時定数遅延関数が相違するように実施することができる。これにより、この静的な差は既に考慮されているので、2つの別個の組のバス62, 64は上記遅延を、CMUTセル40が交互の列又は行の間に幾何学的オフセットを伴わない均一に分布されたアレイの長方形又は正方形セルとして実現されたかのように制御することができる。このことは、当該システムの微細ビーム形成制御を極めて容易にする。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 1 】

勿論、上記第 1 及び第 2 組のバス 6 2 , 6 4 は、異なる C M U T セルの方向 x のオフセットを考慮に入れるべく、当該六角形アレイの C M U T セル 4 0 の偶数及び奇数列に対して異なるビーム形成遅延を付与するために列方向 y に走る別個の垂直方向バスライン（図示略）を有することもできる。しかしながら、x 方向において隣接する C M U T セル 4 0 の間には一定の距離が存在するので、このことは、1 つの通信バスのみにより処理することもできる（通常のように）。

【 0 0 5 2 】

更なる利点が図 3 b で理解され得る。T R セル 5 4 の y 方向の垂直方向寸法は、好ましくは、C M U T セル 4 0 の垂直方向 y における対応する寸法よりも小さくなるように選択される。従って、隣接する T R セル 5 4 の間には小さな空間が残される。この余分な空間は、A S I C 5 2 上に第 1 及び第 2 組のバス 6 2 , 6 4 の水平バスラインを配置するために使用することができる。

10

【 0 0 5 3 】

要約すると、本発明は微細ビーム形成に適した六角形パターンの C M U T と効率的な A S I C 配置との知的組み合わせを提供するものである。提供される集積回路装置の該知的なデザインは、斯様な C M U T セルの六角形アレイによる容易且つ効率的な微細ビーム形成を可能にする。該六角形セルアレイ内の偶数及び奇数列を別個に考察することにより、該微細ビーム形成技術はセンサの交互の列の垂直方向オフセットを容易且つ費用効果的な態様で考慮に入れることができる。

20

【 0 0 5 4 】

以上、本発明を図面及び上記記載において詳細に図示及び説明したが、斯かる図示及び説明は解説的又は例示的なものであり、限定するものではないと見なされるべきである。即ち、本発明は開示された実施態様に限定されるものではない。当業者によれば、開示された実施態様に対する他の変形例は、請求項に記載された本発明を実施するに際して図面、本開示及び添付請求項の精査から理解し実施することができるものである。

【 0 0 5 5 】

尚、請求項において“有する”なる文言は他の構成要素及びステップを排除するものではなく、単数形は複数を排除するものではない。また、単一のエレメント又は他のユニットは、請求項に記載された幾つかの項目の機能を満たすことができる。また、特定の手段が相互に異なる従属請求項に記載されているという単なる事実は、これら手段の組み合わせを有利に使用することができないということを示すものではない。

30

【 0 0 5 6 】

請求項における如何なる符号も、当該範囲を限定するものと見なしてはならない。

【図 1】

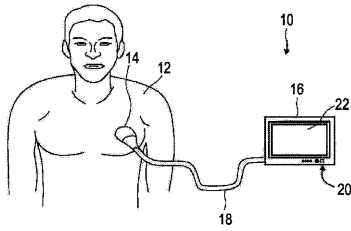


FIG. 1

【図 2 a】

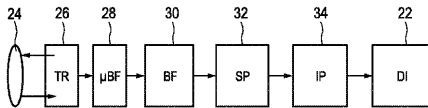


FIG. 2a

【図 2 b】

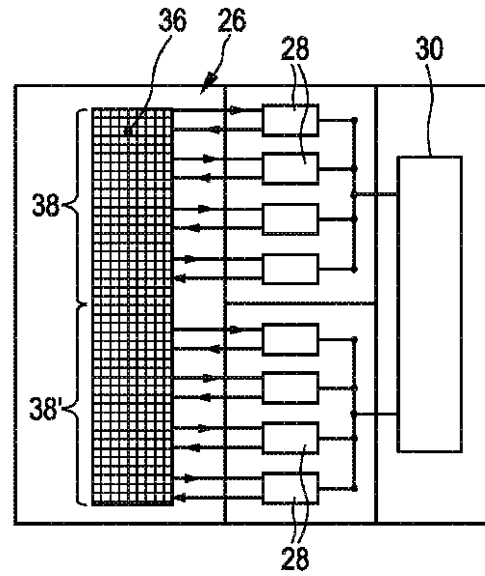


FIG. 2b

【図 3 a】

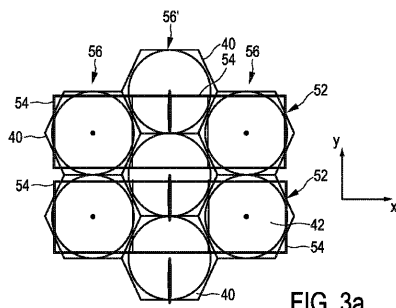


FIG. 3a

【図 4】

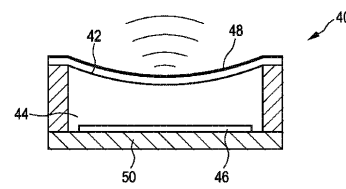


FIG. 4

【図 3 b】

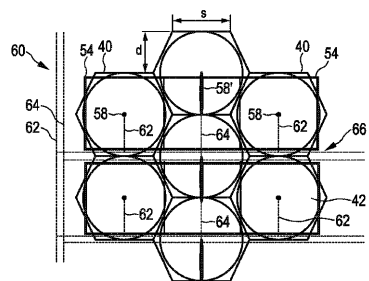


FIG. 3b

フロントページの続き

(72)発明者 ブロック - フィッシャー ジョージ アンソニー
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス 5

審査官 大石 剛

(56)参考文献 特開昭 6 3 - 1 2 5 2 4 3 (J P , A)
特開平 0 4 - 0 8 4 9 5 4 (J P , A)
特開 2 0 0 5 - 1 9 6 1 3 2 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
A 6 1 B 8 / 1 4
H 0 4 R 1 9 / 0 0

专利名称(译)	超声换能器阵列的集成电路装置		
公开(公告)号	JP6279725B2	公开(公告)日	2018-02-14
申请号	JP2016522924	申请日	2014-06-24
[标]申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦电子股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦NV哥德堡		
当前申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦NV哥德堡		
[标]发明人	ブロックフィッシャー ジョージ アンソニー		
发明人	ブロック-フィッシャー ジョージ アンソニー		
IPC分类号	H04R19/00 A61B8/14		
CPC分类号	B06B1/0207 A61B8/4483 B06B1/0292		
FI分类号	H04R19/00.330 A61B8/14		
审查员(译)	大石 刚		
优先权	61/839641 2013-06-26 US		
其他公开文献	JP2016530757A5 JP2016530757A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明涉及集成电路器件，该集成电路器件：多个排列成六边形阵列电容式微加工的超声换能器（CMUT）单元40，在列方向Y上的六边形阵列并联CMUT单元40的多个交替偶数和奇数列56，具有相对于偶数行56在列方向y上偏移一个CMUT单元40的大小的一半的奇数行56'的多个CMUT单元40;) 具有单元54的专用集成电路（ASIC）52，其中每个CMUT单元40以一一对应的方式与每个TR单元54重叠; ASIC52具有偏移调整器，该偏移调整器为六角形阵列的CMUT单元40的偶数和奇数列56,56'提供不同的波形形成延迟，以便考虑列方向y上的偏移还包括一个60。

(19) 日本国特許庁 (JP)		(12) 特 許 公 報 (B2)		(11) 特許番号 特許第6279725号 (P6279725)	
(45) 発行日 平成30年2月14日 (2018. 2. 14)		(24) 登録日 平成30年1月26日 (2018. 1. 26)			
(51) Int. Cl. H04R 19/00 (2006.01) A61B 8/14 (2006.01)		FI H04R 19/00 330 A61B 8/14			
請求項の数 11 (全 13 頁)					
(21) 出願番号 特願2016-522924 (P2016-522924)		(73) 特許権者 580000248 コーニンクレッカ フィリップス エヌ ヴェ KONINKLIJKE PHILIPS N. V. オランダ国 5656 アーエー アイン ドフエン ハイテック キャンパス 5 High Tech Campus 5, NL-5656 AE Eindhoven n			
(86) (22) 出願日 平成26年6月24日 (2014. 6. 24)		(74) 代理人 110001690 特許業務法人M&Sパートナーズ			
(63) 公表番号 特表2016-530757 (P2016-530757A)					
(43) 公表日 平成28年9月29日 (2016. 9. 29)					
(86) 国際出願番号 PCT/182014/062559					
(87) 国際公開番号 WO2014/207654					
(87) 国際公開日 平成26年12月31日 (2014. 12. 31)					
(87) 審査請求日 平成28年6月23日 (2017. 6. 23)					
(31) 優先権主張番号 61/839, 641					
(32) 優先日 平成25年6月26日 (2013. 6. 26)					
(33) 優先権主張国 米国 (US)					
最終頁に続く					
(54) 【発明の名称】 超音波トランスジューサアレイのための集積回路装置					