

(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2013-543758
(P2013-543758A)

(43) 公表日 平成25年12月9日(2013.12.9)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
A 6 1 B 8/00 (2006.01)	A 6 1 B 8/00	4 C 1 6 0
A 6 1 B 18/00 (2006.01)	A 6 1 B 17/36 3 3 0	4 C 6 0 1

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2013-538816 (P2013-538816)
 (86) (22) 出願日 平成23年11月8日 (2011.11.8)
 (85) 翻訳文提出日 平成25年6月27日 (2013.6.27)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2011/059681
 (87) 国際公開番号 W02012/067887
 (87) 国際公開日 平成24年5月24日 (2012.5.24)
 (31) 優先権主張番号 12/946, 256
 (32) 優先日 平成22年11月15日 (2010.11.15)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 512175133
 ナショナル ヘルス リサーチ インステ
 イテューツ
 National Health Res
 earch Institutes
 台湾 350 ミアオリ カウンティ、ツ
 ナン タウン、キーアン ロード、ナンバ
 ー35
 (74) 代理人 100093779
 弁理士 服部 雅紀
 (72) 発明者 リュー ハオーリー
 台湾、333、タオユアン カウンティ、
 クウェイション、ウェンファ ファース
 ト ロード 259

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波処理装置及び超音波処理方法

(57) 【要約】

【課題】 多重周波数を出力するフェーズドアレイ駆動システムとしての超音波処理装置を提供する。

【解決手段】 本発明の超音波処理装置は、複数のトランスデューサを有する超音波フェーズドアレイ18と、トランスデューサを駆動する駆動モジュール16と、駆動モジュール16にトランスデューサを2つの異なる周波数で同時に駆動させる制御カーネル14を含む。

【選択図】 図1

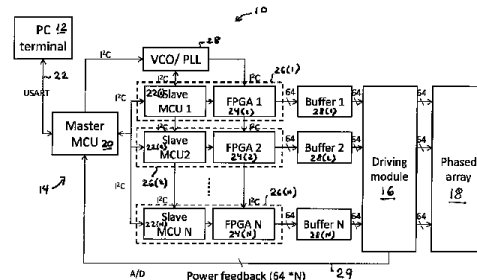


Fig. 1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数のトランスデューサを有する超音波アレイと、
前記複数のトランスデューサを駆動する駆動モジュールと、
前記駆動モジュールに前記複数のトランスデューサを 2 つの異なる周波数で同時に駆動させる制御カーネルと、を含む超音波処理装置。

【請求項 2】

前記制御カーネルは、
マスターマイクロコントロールユニットと
複数のスレーブマイクロコントロールユニットと、を含み、
前記複数のスレーブマイクロコントロールユニットの各々は、前記トランスデューサのサブセットを制御するように構成され、
前記マスターマイクロコントロールユニットは、前記スレーブマイクロコントロールユニットに指示を与える請求項 1 に記載の超音波処理装置。

10

【請求項 3】

複数の浮動小数点ゲートアレイを更に含み、
前記複数のスレーブマイクロコントロールユニットの各々は、前記浮動小数点ゲートアレイのサブセットとデータ通信する請求項 2 に記載の超音波処理装置。

【請求項 4】

二段階 VCO / PLL 回路を更に含む請求項 2 に記載の超音波処理装置。

20

【請求項 5】

前記二段階 VCO / PLL 回路は、
第 1 特定周波数を有する波形を受信し、かつ第 1 スケールファクタにより前記第 1 特定周波数をスケールリングする第一段階、及び、
第 2 特定周波数を有する波形を受信し、かつ第 2 スケールファクタにより前記第 2 特定周波数をスケールリングする第二段階を含む請求項 4 に記載の超音波処理装置。

【請求項 6】

異なる周波数を有する波形をそれぞれ受け取る複数のマルチプレクサを更に含み、
前記複数のスレーブマイクロコントローラの各々は、前記複数のマルチプレクサの各々のサブセットから、特定の周波数を有する波形を選択するように構成されている請求項 2 に記載の超音波処理装置。

30

【請求項 7】

前記制御カーネルに対して、前記トランスデューサにより出力される電力の程度に関する情報を提供する電力感知回路を更に含む請求項 1 に記載の超音波処理装置。

【請求項 8】

前記制御カーネルは、少なくとも 2 つの周波数によって少なくとも 1 つの前記トランスデューサを同時に駆動するように構成されている請求項 1 に記載の超音波処理装置

【請求項 9】

複数のトランスデューサを有する超音波アレイと、
前記複数のトランスデューサを駆動する駆動モジュールと、
前記駆動モジュールに前記複数のトランスデューサを異なる 2 つの周波数で同時に駆動させる手段と、を備える超音波処理装置。

40

【請求項 10】

標的を超音波処理する方法であって、
複数のトランスデューサを有する超音波アレイを前記標的に向ける工程、
複数の周波数を選択する工程、
前記標的に対して、前記複数の周波数の各々を前記超音波アレイに同時に照射させる工程を含む超音波処理方法。

【請求項 11】

前記超音波アレイに同時に照射させる工程は、異なる周波数で、異なる複数の前記トラ

50

ンスデューサを励起させる工程を含む請求項 10 に記載の超音波処理方法。

【請求項 12】

前記超音波アレイに同時に照射させる工程は、異なる周波数で、1つの前記トランスデューサを同時に励起させる工程を含む請求項 10 に記載の超音波処理方法。

【請求項 13】

前記アレイにより出力される電力の程度を示すフィードバックを提供する工程を更に含む請求項 10 に記載の超音波処理方法。

【請求項 14】

前記アレイに同時に照射させる工程は、

複数のスレーブの各々が、前記トランスデューサのサブセットを制御する工程と、
マスターが、前記スレーブに対して、前記スレーブに前記トランスデューサを制御させる指示を提供する工程と、を含む請求項 10 に記載の超音波処理方法。

10

【請求項 15】

浮動小数点ゲートアレイを提供する工程と、

各前記スレーブと前記ゲートアレイのサブセットとの間にデータ通信を提供する工程とを更に含む請求項 14 に記載の超音波処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波処理装置及び超音波処理方法に関する。

20

【背景技術】

【0002】

超音波は、多数の臨床用途を有することが示されている。その例として、温熱療法、音響化学反応の増強及び振動音響画像法が挙げられる。

【0003】

温熱療法に使用されるとき、超音波エネルギーは組織内の深部に向けられる。組織がエネルギーを吸収すると、温度は30～55度まで上昇する。それは、熱が周囲組織に著しく放散する時間がないほど素早く上昇する。その結果、超音波は、周囲組織に重大な損傷を与えることなく、標的組織に壊死及び/又は凝固を引き起こすことができる。この処置は非湿潤性であるので、手術が必要なくなり、治療費が低減される。

30

【0004】

超音波の他の臨床用途には、治療目的で音響化学反応を増強することがある。液体における音響化学反応は音響キャビテーションにより生じることが知られている。音響キャビテーションは、核形成に始まり、続いて微細気泡の成長及び崩壊が起こるプロセスを有する。崩壊により気泡の付近に一時的に作り出される高温（摂氏数百度）及び高圧（数百気圧）が、音響化学反応を誘発すると考えられる。このような音響化学反応は、多重周波数超音波処理のプロセスによって増強されることが知られている。

【0005】

臨床超音波のその他の用途として、物体の各点に加えられた力に対する物体の機械的応答のマップを作り出す超音波刺激振動画像法（ultrasound-stimulated vibro acoustography; USVA）がある。USVAは、空間干渉を引き起こす2つの類似した周波数の同時出力を伴う。この空間干渉は、超音波処理に使用されるいずれの周波数よりもかなり低い周波数を有する周波数差成分を1つの成分として含有する。この周波数差の力に反応して、物体の一部が振動する。振動する部分の大きさ及び得られる動きのパターンは、物体の粘弾性特性にある程度依存している。物体の振動によりもたらされる音場は、ハイドロホンにより検出され、物体の画像の形成に使用される。超音波放射力による高い空間的解像度及びハイドロホンによる高い動き検出感度によって、本方法は軟組織の弾性の変化を確認することができるため診断に有用である。

40

【0006】

これらの用途及び他の用途における超音波の使用によって生じうる問題は、伝播が特定

50

の空洞内で発生するとき定在波を発生する傾向があることである。例えば、経頭蓋超音波を使用してエネルギーを脳に送達するとき、定在波が頭蓋内に生じうる。この定在波は、局所ホットスポット又はエネルギーの集中を形成しうる。

【0007】

上記の用途のいずれかにおいて超音波エネルギーを適用する既知の方法は、複数のトランスデューサを有する超音波フェーズドアレイを使用することである。超音波フェーズドアレイは、幾何学的中心に生成された固定焦点を有する単一素子トランスデューサと異なり、超音波エネルギーの焦点を任意の位置に向けることができる。この動作は、一般的に、適切な位相の信号を用いて各トランスデューサを駆動することによって行われる。このようなアレイは、トランスデューサ信号の相対位相を電気的に変更することにより、動的焦点ビーム走査を達成することもできる。

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかし、既知の超音波フェーズドアレイは、複数の周波数を同時に出力することに関する問題によって、上記の療法を増強する能力を妨げられている。

【課題を解決するための手段】

【0009】

一つの態様において、本発明は、
複数のトランスデューサを有する超音波アレイと、
トランスデューサを駆動する駆動モジュールと、
駆動モジュールに互いに異なる2つの周波数でトランスデューサを同時に駆動させる制御カーネルと、を含む超音波処理装置を特徴とする。

20

【0010】

ある実施態様において、
制御カーネルは、
マスターマイクロコントロールユニットと
複数のスレーブマイクロコントロールユニットと、を含み、
複数のスレーブマイクロコントロールユニットの各々は、前記トランスデューサのサブセットを制御するように構成され、
マスターマイクロコントロールユニットは、スレーブマイクロコントロールユニットに指示を与える。

30

この実施態様には、複数の浮動小数点ゲートアレイをさらに含み、各スレーブマイクロコントロールユニットが浮動小数点ゲートアレイのサブセットとデータ通信するもの、二段階VCO/PLL回路をさらに含むもの、異なる周波数を有する波形をそれぞれ受け取る複数のマルチプレクサを含み、各スレーブマイクロコントローラが各マルチプレクサのサブセットから特定の周波数を有する波形を選択するように構成されているものが含まれる。

【0011】

二段階VCO/PLL回路を特徴とする実施態様には、二段階VCO/PLL回路が、
第1特定周波数を有する波形を受け取り、第1スケールファクタにより第1特定波長をスケールする第一段階、及び、第2特定周波数を有する波形を受け取り、第2スケールファクタにより第2特定周波数をスケールする第二段階を含むものが含まれる。

40

【0012】

他の実施態様において、本装置は、トランスデューサにより出力される電力の程度に関する情報を制御カーネルに提供する電力感知回路をさらに含む。

【0013】

なお他の実施態様は、制御カーネルが、少なくとも2つの周波数により少なくとも1つのトランスデューサを同時に駆動するように構成されていることを特徴とする。

【0014】

50

別の態様において、本発明は、患者を超音波処理する装置を特徴とする。そのような装置は、複数のトランスデューサを有する超音波アレイと、トランスデューサを駆動する駆動モジュールと、及び駆動モジュールにトランスデューサを2つの異なる周波数で同時に駆動させる手段とを含む。

【0015】

別の態様において、本発明は、標的を超音波処理する方法を特徴とする。そのような方法は、複数のトランスデューサを有する超音波アレイを標的に対して向ける工程と、複数の周波数を選択する工程と、標的に対して、各周波数をアレイに同時に照射させる工程を含む。

【0016】

本発明の特定の実施は、アレイを同時に照射させる工程が異なるトランスデューサを異なる周波数で励起させる工程を含むこと、及び、アレイに照射させる工程が、トランスデューサを異なる周波数で同時に励起させる工程を含むことを含む。

【0017】

他の実施は、電力がアレイにより出力される程度を示すフィードバックを提供する工程を含む。

【0018】

追加的な実施において、アレイに同時に照射させる工程は、マスター及び複数のスレーブを提供する工程を含む。各スレーブは、トランスデューサのサブセットを制御するように構成され、マスターは、スレーブにトランスデューサを制御させる指示を、スレーブに提供するように構成される。この実施には、浮動小数点ゲートアレイを提供する工程及び各スレーブとゲートアレイのサブセットとの間にデータ通信を提供する工程も含まれる。

【0019】

本発明のこれら及び他の特徴は、以下の発明を実施するための形態及び添付の図面から明らかとなる。

なお、本出願は、2010年11月15日出願の米国特許出願第12/946,256号の優先権を主張し、その内容は参照として本明細書に組み込まれる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】多重チャンネル超音波駆動システムの全体的な構成を示す図である。

【図2】図1のスレーブMCU/FPGAモジュールのうちの1つの詳細な構成を示す図である。

【図3】図1の制御カーネルにおける8ビット解像度位相制御を実現する構成を示す図であり、上側部分はDフリップフロップモジュール設計を示し、下側部分は8ビット解像度位相制御を実現するためにカスケード接続された二段階Dフリップフロップモジュールを示す。

【図4】図1の各MCU/FPGAモジュールにより制御される駆動モジュールの構成を示す図である。

【図5】(A)~(F)は、図1の駆動システムの出力負荷として提供される例示的な超音波フェーズドアレイを示す図である。

【図6】250kHz及び400kHzで0、90、180及び270度の相対位相を有する信号出力で稼働する、無作為に割り当てられた4つのチャンネルを示す図である。

【図7】1.2MHz及び2MHzで0、90、180及び270度の信号出力で稼働する、無作為に割り当てられた4つのチャンネルを示す図である。

【図8】250kHz及び1MHzで稼働する、無作為に割り当てられた2つのチャンネルを示す図である。

【図9】4つの異なるパースト長：10ミリ秒、30ミリ秒、50ミリ秒及び100ミリ秒のパーストモードで稼働するための出力駆動信号、並びに1Hzのパルス繰返し周波数を有する無作為に割り当てられたチャンネルを示す図であり、上側列は、図1に示されたバッファの出力で測定された駆動信号を示し、下側列は、図1に示された駆動モジュール

10

20

30

40

50

の出力で測定された増幅信号を示す。

【図 10】SWR 及びフィードバック電圧の測定値の平均及び標準偏差を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

(カーネル制御)

図 1 に示すように、超音波画像化システム 10 は、二段階制御カーネル 14 と通信する PC 端末 12 を含む。制御カーネル 14 は、超音波フェーズドアレイ 18 の超音波トランスデューサを駆動するために、多チャンネル駆動モジュール 16 と通信する。

【0022】

制御カーネル 14 は、マスターマイクロコントロールユニット (マスター MCU) 20 及びスレーブ MCU 22 (1 ~ N) を含む。一般に、スレーブ MCU 22 (1 ~ N) の数は、超音波フェーズドアレイ 18 における超音波トランスデューサの数に応じて決まる。各スレーブ MCU 22 (1 ~ N) は、対応する浮動小数点ゲートアレイ (FPGA) 24 (1 ~ N) を制御する。

【0023】

図 1 に示す実施態様において、マスター MCU 20 は、UART (ユニバーサル非同期型レシーバ/トランスミッタ) リンク 22 を介して PC 端末 12 から、各超音波トランスデューサのために指定された超音波処理パラメータを受け取る。この超音波処理パラメータはトランスデューサ毎に調整可能であり、超音波トランスデューサを稼働するための周波数、電力、パースト長、パルス繰返し周波数 (PRF) 及びトランスデューサ間の相対位相差を含む。マスター MCU 20 は、さらに、パルス幅変調 (PWM) 出力ポートを使用して、電圧制御バックコンバータの DC 出力電圧を変更する電力制御を行う。一つの実施態様において PWM 出力は、8 ビット解像度で 0 ~ 100 % の範囲である。適切なマスター MCU 20 は、市販の 8 ビットユニット PIC 18F452 であり、これは、アメリカ合衆国アリゾナ州チャンドラーにある Microchip 社から入手可能である。

【0024】

図 1 に示されているように、各スレーブ MCU 22 (1 ~ N) は、対応する FPGA 24 (1 ~ N) と共に稼働して、集積 MCU / FPGA モジュール 26 (1 ~ N) を形成する。これらの各集積 MCU / FPGA モジュール 26 (1 ~ N) は、64 チャンネル信号出力 25 (1 ~ N) を提供する。制御カーネル 14 における複数の MCU / FPGA モジュール 26 (1 ~ N) は、制御カーネル 14 が 64 チャンネルを超える信号出力を提供することを可能にする。例えば、4 つの MCU / FPGA モジュール 26 (1 ~ 4) が存在する場合、4 つの MCU / FPGA モジュール 26 (1 ~ 4) の 1 つずつが 64 チャンネルの出力をするので、合計 256 チャンネルの出力がある。

【0025】

特定の MCU / FPGA モジュール 26 (1) 内において、スレーブ MCU 22 (1) は、その関連する下流の FPGA 24 (1) に、FPGA 24 (1) により制御されるチャンネルの周波数コマンド、及び、FPGA 24 (1) により制御されるチャンネル間の位相差を提供する。マスター MCU 20 は、駆動モジュール 16 内の方向性結合器から A/D 入力ポートを介して、アナログフィードバック信号を受け取る。アナログフィードバック信号は、各チャンネルと関連する圧電素子により提供される出力電力についての情報を運ぶ信号である。この信号はインターインテグレイテッド (inter-integrated) 通信 (I²C) プロトコルリンク 28 を介して、マスター MCU 20 に戻る。

【0026】

各 FPGA は I/O 端末を有する。この I/O 端末は、同期されたトリガー信号下で特定の周波数及び位相を含有する 64 ビット制御信号を、下流の駆動モジュール 16 (1 ~ N) に提供するために使用される。FPGA の I/O 出力と駆動モジュール 16 (1 ~ N) との間には、電流をプルアップするためのバッファ回路 28 (1 ~ N) がそれぞれ対応して存在する。

【0027】

10

20

30

40

50

駆動モジュール16(1~N)における電力感知回路は、伝送電力及び反射電力を示すフィードバック信号29を提供する。これらのフィードバック信号29は、マスターMCU20に戻され、USART通信プロトコルリンク22を介してPC端末12にアップロードされる。その結果、個別の電力消費及び各チャンネルの効率についての実時間更新を、PC端末モニター12に示すことができる。

【0028】

(同時多重周波数の発生)

各MCU/FPGAモジュール26(1~N)は、各チャンネル出力によって複数の周波数を同時発生するように構成されている。これは、振動結晶から位相同期回路/電圧制御発振器(PLL/VCO)モジュール28に、高周波数(例えば、20MHz)信号を与えることによって実現される。

10

【0029】

PLL/VCOモジュール28は、二段階PLL回路を用いることによって、拡張された周波数範囲を実現する。PLL/VCOモジュール28の第一段階は、例えば40MHzまでの小さいスケールファクタによって周波数をスケールリングする。これによって、周波数分割器は低周波数範囲で周波数を出力することができる。PLL/VCOモジュール28の第二段階は、例えば160MHzまでの大きなスケールファクタによって周波数をスケールリングする。これによって、周波数分割器は高周波数範囲で周波数を出力することができる。PLL/VCOモジュール28の出力により提供される発生周波数の簡単な計算は以下の通りである：

20

【数1】

$$F_{VCO} = (S1 * S2 + A) * F_{OSC} * S_{VCO} / DR$$

【0030】

ここで、

F_{VCO} は、PLL/VCOモジュール28からの出力周波数であり、

$S1$ 及び $S2$ は、第一及び第二段階それぞれと関連するスケールファクタであり、

A は、一定のオフセットであり、

S_{VCO} は、VCOにより同調されたスカラーであり、VCOに提供される電圧が0~5Vの範囲である場合、0~1の範囲であり、

30

F_{OSC} は、振動結晶によりPLL/VCOモジュール28に提供される入力周波数であり、

DR は、FPGAに組み込まれた周波数分割器と関連してプログラム可能な周波数分割定数である。

【0031】

$S1$ 、 $S2$ 、 S_{VCO} 及び DR が全てスレーブMCU22(1~N)によって制御可能であるので、任意の周波数を発生し、FPGA16(1~N)に提供することができる。したがって、1つのPLL/VCOモジュール28は、下流のチャンネル30(1~N)に、1つの同調型出力周波数を提供することができる。図2に示すように、制御カーネル14が、利用可能な複数のPLL/VCOモジュール31(1)、31(2)を有することによって、スレーブMCU22(1~N)は、マルチプレクサ33(1~N)を使用して、チャンネル出力のために異なる周波数を選択することができる。例えば、制御カーネル14は、第1チャンネル群を指定して第1指定周波数を出力すること、及び第2チャンネル群を指定して第2指定周波数を出力すること、などが可能である。

40

【0032】

理想的には、M個の独立したPLL/VCOモジュール31(1~M)は、チャンネル間において指定されるM個の異なる周波数を利用可能にする。一つの実施態様において、5kHzの周波数分解能を有する0.25MHz~4MHzの範囲の出力周波数を、2つの埋め込み式PLL/VCOモジュールで発生させることができる。別の実施態様におい

50

て、2つの周波数を同時に提供することができる（例えば、第1チャンネル群には1MHzであり、第2チャンネル群には1MHz及び1.5MHzである。）

【0033】

別の実施態様において、2つ以上の周波数が単一のチャンネルに提供される。チャンネルは、そのような場合、複数の周波数の重ね合わせである信号を運ぶ。これにより、そのチャンネルと関連する超音波トランスデューサを2つ以上の周波数で同時に駆動することができる。

【0034】

（位相制御）

一つの実施態様において、FPGA24(1~N)は、8ビット位相分解能を有する32チャンネル位相割当ユニットを実現する。そのようなFPGA24(1~N)の一つの利点は、周波数逡倍及び多重チャンネルの位相制御の両方に使用することができる位同期回路モジュールを含むことである。適切な市販のFPGAは、アメリカ合衆国カリフォルニア州サンノゼにあるAltera社のCyclone EP1C12である。

【0035】

FPGA24(1~N)は内部の論理素子を効率的に使用した二段階論理回路を有する。図3を参照すると、各段階において、16個のDフリップフロップ(DFF)46(1~16)がカスケード接続されて16段信号遅延を提供する。遅延の時間分解能は入力クロックにより決定される。ステートマシンユニットの第一及び第二段階のために、クロック入力周波数は、第一又は第二段階の埋め込み式PLLモジュールによって16から256(すなわち 16^2)の倍率で逡倍され、入力信号遅延の粗調整及び微調整をそれぞれ提供する。前記の例では、粗調整は22.5度の比較的粗い位相増加で実施され、一方、微調整は1.4度のより微細な位相増加を使用する。前記の実施は、8ビット信号整相を行うために、約2N個の論理素子のみ(N^2 個の素子ではなく)を用いて N^2 個の位相角を生じることが可能である。

【0036】

バーストモード励起のためには、簡単なラッチ回路がFPGA24(1~N)において用いられる。バーストモード信号の出力を制御可能なパラメータは、バースト長、PRF、及びバーストの総数を含み、上流のマスターMCUから提供される。

【0037】

（駆動モジュール）

ここで図4を参照すると、駆動モジュール16は、チャンネル毎に駆動回路32(1~N)を含む（実施例に示されているものは $N=64$ である）。各駆動回路32(1~N)は、PWM制御可能電源及び高電圧型インバータを含んでいる。例示の実施態様では、フルブリッジ増幅器36(1~N)、インピーダンス整合回路38(1~N)及び電力感知回路40(1~64)を使用して実現されている。

【0038】

PWM制御可能電源は、バック回路から誘導される出力DC電圧を提供する。バック回路の出力電圧は、制御カーネル14からのPWM信号により制御される。各チャンネルのための電力出力は、8ビット解像度により定義された段階で電圧を変更することにより制御される。例示の実施態様における最大電力出力は、各チャンネルで10ワットである。そのような出力は、空洞形成関連治療の向上のため（例えば、小型治療分子、DNA、ペプチドなどを細胞若しくは軟組織に送達するため）、又は、数秒以内での組織の直接的な熱切除(ablation)のために十分である。

【0039】

高電圧インバータ36(1~N)は、高電圧方形波を高電圧正弦波に変換する。フルブリッジインバータを使用して高電圧方形波を発生させ、高電圧ダイオードを使用してオーバーシュートのような高電圧スイッチング過渡に対処する。

【0040】

インバータ36(1~N)の出力インピーダンスは、少なくとも二桁の大きさをインピ

10

20

30

40

50

ーダンス不整合をもたらすため、インピーダンス整合回路 38 (1 ~ N) を用いることが有効である。インピーダンス整合なしでは、トランスデューサ 42 (1 ~ N) への電力伝達の効率が悪くなる。典型的なインピーダンス整合回路 38 (1 ~ N) は、中間 LC 共振段階を有する二段階変圧器を使用することにより実現される。各チャンネルでインピーダンス整合回路 38 (1 ~ N) が微調整を行うことにより、セラミック素子に供給するために必要な周波数及び電力を有する高電圧正弦波が与えられる。

【0041】

最後に、方向性結合器を含む電力感知回路 40 (1 ~ N) が、電力のモニタリングのために備えられている。トランスデューサとインピーダンス整合回路 38 (1 ~ N) の間に取り付けられた電力感知回路 40 (1 ~ N) は、伝送電力及び反射電力を表す 2 つの電圧のフィードバックに基づいて伝送電力及び反射電力をモニターするように設計されている。電力伝達効率の測度であるとされる電圧定在波比 (SWR) は、以下の式により計算される。

10

【数 2】

$$\begin{aligned} VSWR &= (1 + V_r / V_f) / (1 - V_r / V_f) \\ &= (1 + \text{SQRT}(P_r / P_f)) / (1 - \text{SQRT}(P_r / P_f)) \end{aligned}$$

【0042】

ここで、 V_r 及び V_t は反射電圧及び伝送電圧を表し、 P_r 及び P_t は反射電力及び伝送電力を表す。トランスデューサへの最大電力伝達 (効率 = 100%) は、 $VSWR = 1$ に相当する。本明細書に記載されている実施態様において、各チャンネルを駆動する回路は、95% を超える効率を達成するために、 $VSWR$ を少なくとも 1.5 に最小化するように調整される。

20

【0043】

(チャンネル数の拡張)

例示の制御カーネル 14 の回路レイアウトは、独立的に制御されるチャンネルを 64 個まで実現する。チャンネルの数が 64 個を超えて増加すると、FPGA 24 (1 ~ N) 内の論理ゲートは、8 ビット位相解像度を提供するには不十分になることがある。

【0044】

制御カーネル 14 により実現されるチャンネルの数を拡張するため、MCU / FPGA モジュール 26 (1 ~ N) は、並行に稼働され、同期される。全ての MCU / FPGA モジュール 26 (1 ~ N) は、1 つのマスター MCU 20 に連結されている。これは、64 * N 個のチャンネルまでシステムを拡張する。理論的には、MCU / FPGA モジュール 26 (1 ~ N) の数を拡張するのに限界はない。

30

【0045】

(フェーズドアレイの選択)

駆動モジュール 16 は、その負荷として、最終的に一次元又は二次元のフェーズドアレイを駆動する。図 5 A 及び 5 B は、仰角方向に沿って圧電材料を一次元的にダイスカットしている一次元フェーズドアレイ 52、54 の例を示す。そのようなアレイは、図 5 A で示されている平面アレイ 52 又は図 5 B で示されている曲面アレイ 54 であってもよい。

40

【0046】

N 個の独立した素子にダイスカットされた一次元フェーズドアレイ 52、54 を、N 個を超える独立した駆動チャンネルを有する駆動システムと結合したとき、超音波エネルギー出力の発生のために使用することができる。当該システムが M 個の独立した同時周波数を選択する工程を含むとき、各素子の位相及び周波数を、任意に、設計し、組み合わせることができる。ここで、M は N よりも大きい。M が N よりも小さい場合、N 個の異なる周波数出力を同時に行うことは可能ではない。その場合、駆動対象の素子は、特定のチャンネルに対応しないが、代わりに一連のチャンネル又は「駆動群」に対応する。

【0047】

同様の原理は、図 5 C から図 5 F のいずれかに示すような他のフェーズドアレイ構成に

50

当てはめることができる。図5Cは、環状にダイスカットされたトランスデューサ56から形成される曲面アレイを示す。図5Dは、直径に沿って分けられて2つの素子を形成するトランスデューサ57を示す。図5Eは、四分の一に切断された4素子球状曲面トランスデューサ58を示す。図5Fは、二次元球状曲面トランスデューサ59を示す。

【0048】

(実施例)

図6及び図7は、制御カーネル14からの多重周波数RF信号出力を発生し、正確な相対位相制御で稼働する実施例からの出力を示す。図6は、4つのチャンネルを250kHzで稼働し、更に4つのチャンネルを400kHzで稼働するように無作為に指定することにより、0、90、180及び270度にそれぞれ相対位相制御された整相信号を正確に出力できることを示す。同様に、図7は、4つのチャンネルを1.2MHz及び2MHzで稼働するように無作為に指定することにより、0、90、180及び270度にそれぞれ相対位相制御された整相信号を正確に出力できることを示す。

10

【0049】

制御カーネル14は、同調型駆動周波数を用いて整相信号を生成できることに加えて、2つ以上の周波数を同時に生成することもできる。例えば、図8は、一方のチャンネルが250kHzの信号を運び、他方のチャンネルが1MHzの信号を運ぶ2つのチャンネルからの出力を示す。本明細書に記載されている構成は、駆動モジュール16から複数の周波数を同時に出力することができることは明らかである。その結果、本明細書に記載されている構成により、空洞形成及び/又は熱切除を増強することができる。

20

【0050】

上記で説明した図面は、連続波(CW)出力を生成する制御カーネル14を示すものである。しかし、制御カーネル14は、パーストモード出力を生成することもできる。図9に示すように、出力信号が10ミリ秒から100ミリ秒の範囲のパースト長を有するように制御することができる。パーストモード稼働は特に有用である。なぜならば、パースト間のギャップが熱の放散を可能にするため、隣接組織への熱損傷を抑制するからである。

【0051】

図10A~Cは、出力電力を調節するカーネルの能力を例示する。

【0052】

図10Aは、31チャンネルアレイにおける印加電圧と出力電力の関係を示す。印加電圧が5Vから55Vに増加すると、出力電力は、0.3Wから約10Wに直線的に増加し、31個のチャンネルの間では小さな変動しかなかった。この効果は、出力電力を調節するために既に確立されている電圧対電力ルックアップテーブルをモニターすることにより達成された。

30

【0053】

図10Bは、更に、方向性結合器を使用してモニターしたSWRを示す。測定されたSWRは、殆どの印加電圧で殆どの場合において1.5未満であった。これは、順方向伝達電力効率が95%を超えることを示した。SWRは、小さい電力出力では僅かに低かったが、依然として1.5にかなり近かった。

【0054】

図10Cは、フィードバック電圧が印加電圧の線形関数に近似していることを示す。出力とフィードバック電圧との間の高い線形性は、リニア電圧-電圧変換回路設計から生じている。31個のチャンネルにおける最小限の変動は、異質成分から生じる差異も最小限であることを示唆している。この線形関係の結果として、フィードバック電圧を線形にスケールリングすることにより出力電圧を容易に検出することができ、確立されたルックアップテーブルを使用することにより出力電圧から出力伝両を変換することができる。これらの2つの機能は、FPGAメモリーに埋め込まれており、容易にアップグレードすることができる。

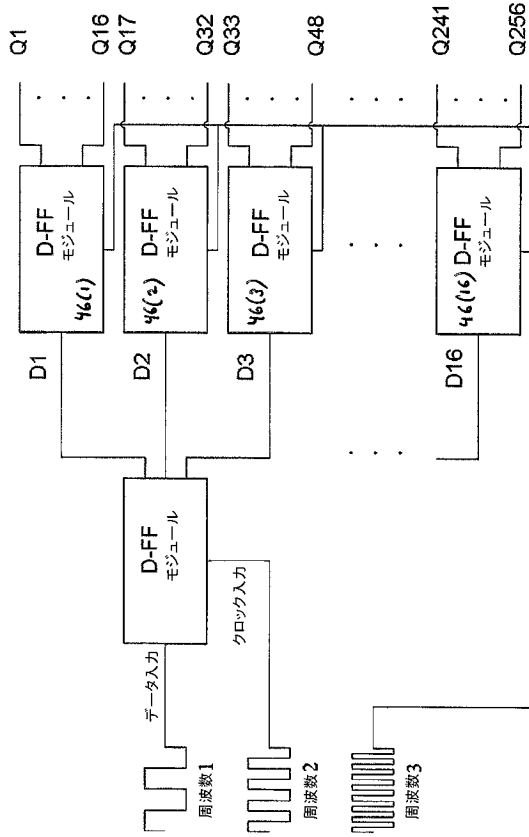
40

【0055】

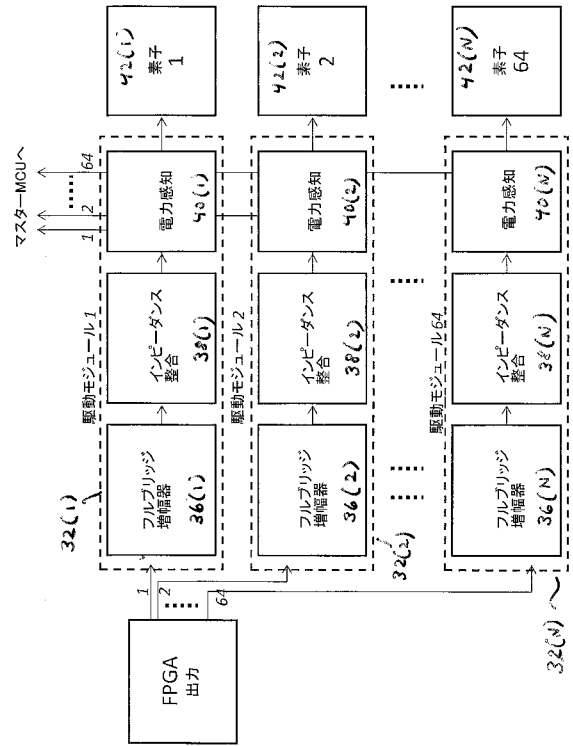
本明細書に記載されている駆動装置は、操作者がGUIを使用して、周波数同調性を制

50

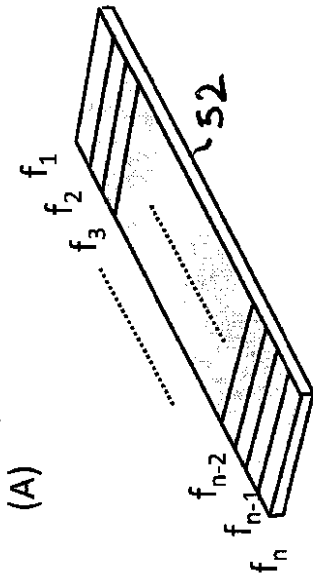
【 図 3 】



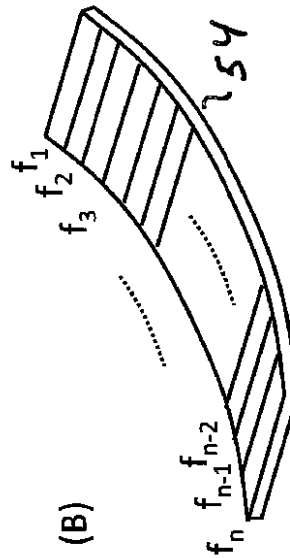
【 図 4 】



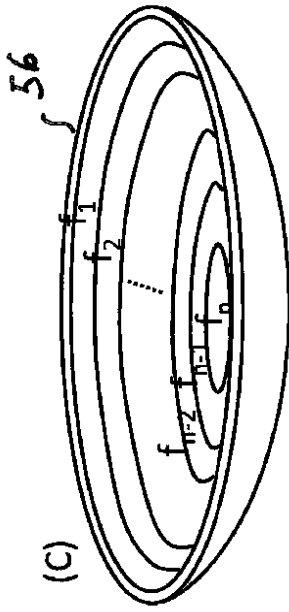
【 図 5 (A) 】



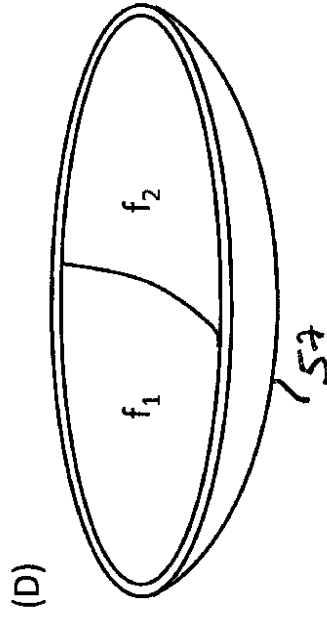
【 図 5 (B) 】



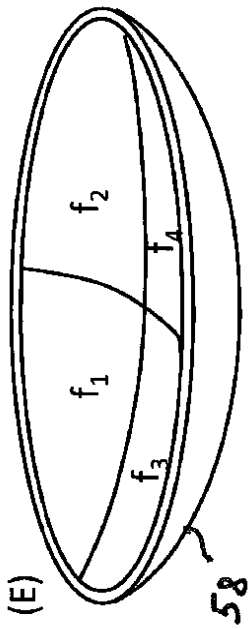
【 図 5 (C) 】



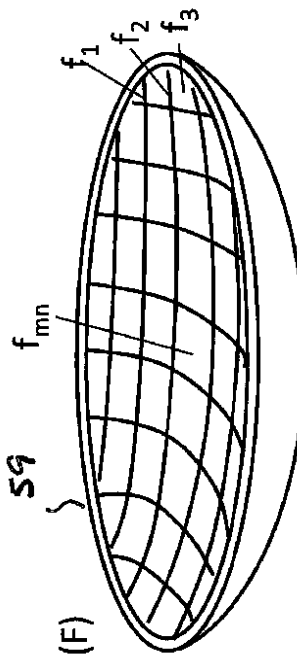
【 図 5 (D) 】



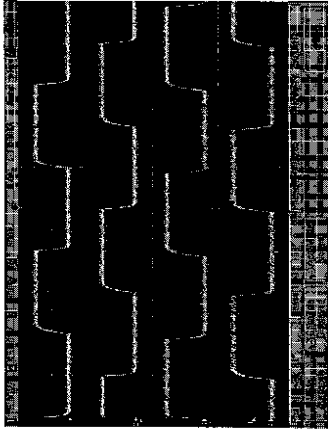
【 図 5 (E) 】



【 図 5 (F) 】

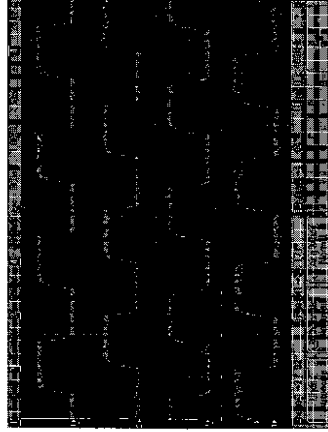


【図 6 (A)】



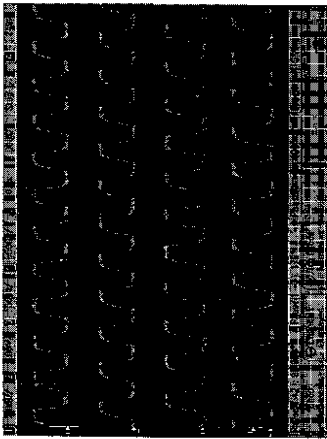
(A)

【図 6 (B)】



(B)

【図 7 (A)】



(A)

【図 7 (B)】



(B)

【 図 8 】

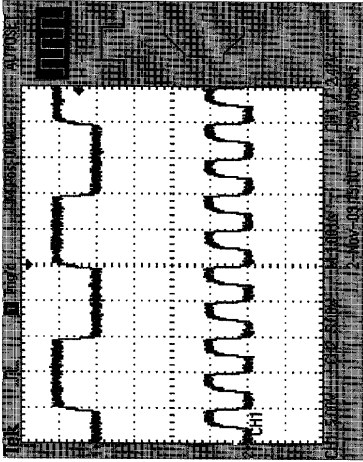
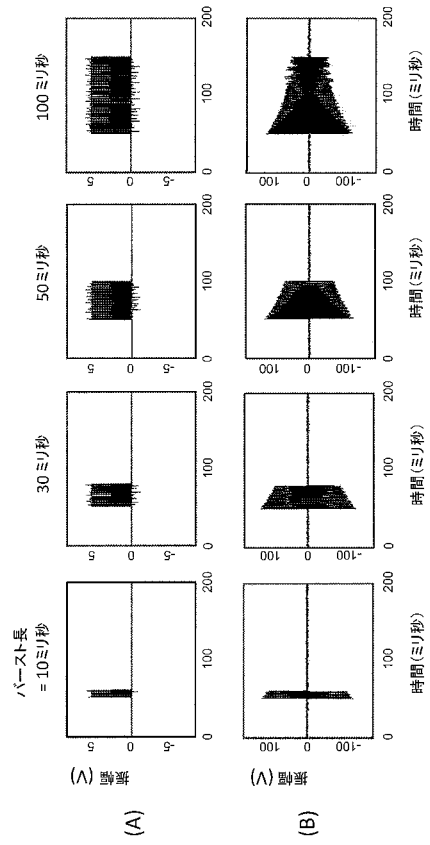
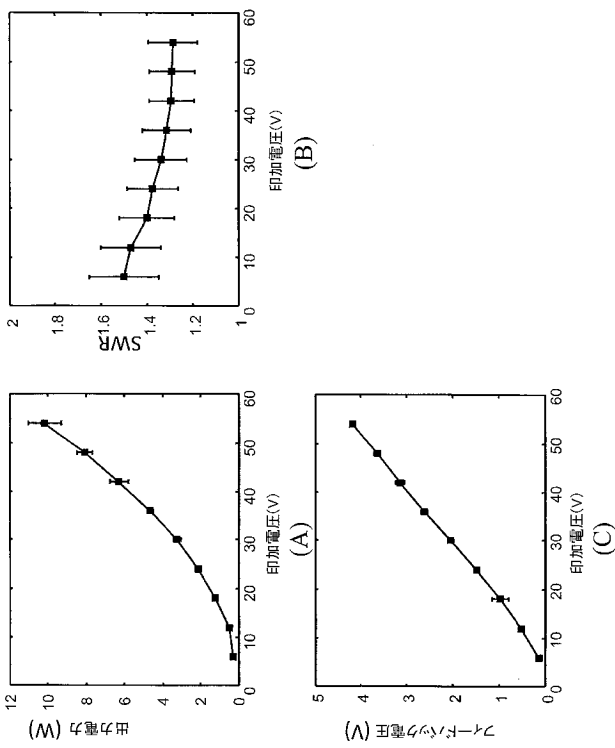


Fig. 8



【 図 9 】



【 図 10 】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2011/059681
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>A61N 7/00(2006.01)i</i>		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) A61N 7/00; A61B 5/055; A01K 61/00; A61B 8/14; A61H 1/00; A61N 7/02		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models Japanese utility models and applications for utility models		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS(KIPO internal) & Keywords: ultrasonic therapy, multiple transducers, multiple frequencies, master-slave, driver.		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2008-0071165 A1 (MAKIN, INDER RAJ S. et al.) 20 March 2008 See paragraphs [0086] and [0088]; claims 1, 9-10, 14, and 20; and figures 1, 9B, and 10-12.	1-2,6,8-9
Y		3-5,7
Y	JP 2009-183147 A (BIO MAP CO., LTD. et al.) 20 August 2009 See paragraphs [0002] and [0040]-[0047]; and figure 7.	3-5,7
A	US 2003-0055337 A1 (LIN, GREGORY SHARAT) 20 March 2003 See paragraphs [0009]-[0013], [0030], [0036], and [0038]; claims 1, 5, and 14; and figures 1B and 5B.	1-9
A	US 2008-0051680 A1 (LUBBCKE, PETER) 28 February 2008 See paragraphs [0060]-[0061] and [0068]-[0070]; claims 75-77; and figures 1(a), 1(b), and 3.	1-9
A	US 6,419,648 B1 (VITEK, SHUKI et al.) 16 July 2002 See col.2, lines 17-47 and col.3, lines 30-49; claims 1-2; and figures 1A, 1B, and 3.	1-9
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" 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 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 30 MAY 2012 (30.05.2012)		Date of mailing of the international search report 30 MAY 2012 (30.05.2012)
Name and mailing address of the ISA/KR  Korean Intellectual Property Office 189 Cheongsu-ro, Seo-gu, Daejeon Metropolitan City, 302-701, Republic of Korea Facsimile No. 82-42-472-7140		Authorized officer NHO, Ji Myong  Telephone No. 82-42-481-8528

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US2011/059681

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.: 10-15
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
Claims 10-15 pertain to methods for treatment of the human body by therapy, and thus relate to a subject matter which this International Searching Authority is not required, under Article 17(2)(a)(i) of the PCT and Rule 39.1(iv) of the Regulations under the PCT, to search.
2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/US2011/059681

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2008-0071165 A1	20.03.2008	US 2004-0267253 A1 US 2005-0038423 A1 US 7135017 B2 US 7303555 B2	30.12.2004 17.02.2005 14.11.2006 04.12.2007
JP 2009-183147 A	20.08.2009	JP 4637922 B2	23.02.2011
US 2008-0055337 A1	20.03.2003	US 6540683 B1	01.04.2003
US 2008-0051680 A1	28.02.2008	CA 2582787 A1 CN 101102815 A0 CN 101102815 B EP 1812110 A1 EP 2431075 A1 GB 0422525 D0 JP 2008-515581 A KR 10-2007-0090880 A RU 2007117501 A RU 2388504 C2 US 2011-0269693 A1 WO 2006-040597 A1	20.04.2006 09.01.2008 10.08.2011 01.08.2007 21.03.2012 10.11.2004 15.05.2008 06.09.2007 20.11.2008 10.05.2010 03.11.2011 20.04.2006
US 6,419,648 B1	16.07.2002	AT 373988 T AU 2001-50617 A1 CN 1449261 A CN 1449261 C0 DE 60130642 D1 DE 60130642 T2 EP 1274348 A2 EP 1274348 A4 EP 1274348 B1 EP 1274348 B8 JP 2004-511268 A WO 01-80708 A2 WO 01-80708 A3	15.10.2007 07.11.2001 15.10.2003 17.01.2007 08.11.2007 06.11.2008 15.01.2003 23.03.2005 26.09.2007 21.11.2007 15.04.2004 01.11.2001 14.03.2002

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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN

(72)発明者 チャン シュ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94539、フレモント、ダンツォン コート、41385

(72)発明者 チェン ション - フウ

台湾、35053 ミアオリ カウンティ、ツナン タウン、キーアン ロード、ナンバー35

Fターム(参考) 4C160 JJ17 JJ25 JJ36

4C601 BB06 BB23 DD18 EE30 HH06 HH35 JB39

专利名称(译)	超声波处理装置及び超音波处理方法		
公开(公告)号	JP2013543758A	公开(公告)日	2013-12-09
申请号	JP2013538816	申请日	2011-11-08
[标]申请(专利权)人(译)	财団法人国家卫生研究院		
申请(专利权)人(译)	国家卫生研究机构津市		
[标]发明人	リユーハオリー チャンシュ チェンションフウ		
发明人	リユー ハオ-リー チャン シュ チェン ション-フウ		
IPC分类号	A61B8/00 A61B18/00		
CPC分类号	A61N7/00 A61N2007/0073 A61N2007/0078 B06B1/0284 B06B1/0622		
FI分类号	A61B8/00 A61B17/36.330		
F-TERM分类号	4C160/JJ17 4C160/JJ25 4C160/JJ36 4C601/BB06 4C601/BB23 4C601/DD18 4C601/EE30 4C601/HH06 4C601/HH35 4C601/JB39		
优先权	12/946256 2010-11-15 US		
其他公开文献	JP5740004B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种超声处理设备作为相控阵驱动系统，用于输出多个频率。根据本发明的超声处理设备包括：超声相控阵列，其具有多个换能器；驱动模块16，用于驱动换能器；以及控制核，用于使驱动模块16以两个不同的频率同时驱动换能器。包括14和。[选型图]图1

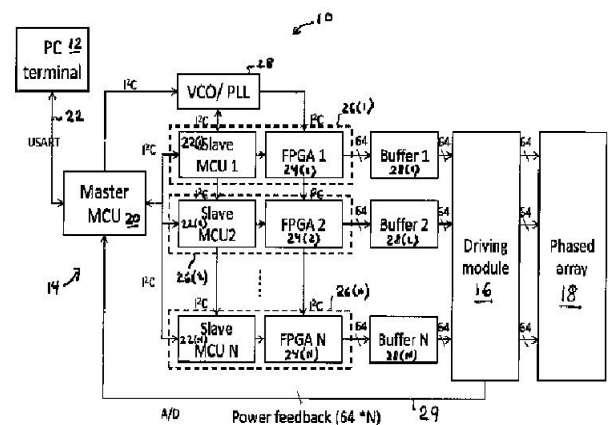


Fig. 1