

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-164512

(P2017-164512A)

(43) 公開日 平成29年9月21日(2017.9.21)

(51) Int.Cl.
A61B 8/12 (2006.01)

F I
A61B 8/12

テーマコード(参考)
4C601

審査請求 有 請求項の数 59 O L (全 56 頁)

(21) 出願番号 特願2017-82444 (P2017-82444)
 (22) 出願日 平成29年4月19日(2017.4.19)
 (62) 分割の表示 特願2013-550718 (P2013-550718) の分割
 原出願日 平成24年1月31日(2012.1.31)
 (31) 優先権主張番号 61/437,758
 (32) 優先日 平成23年1月31日(2011.1.31)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 506295919
 サニーブルック ヘルス サイエンス
 センター
 カナダ国 エム4エヌ 3エム5 オンタ
 リオ, トロント, ベイビュー アベニ
 ュー 2075
 (74) 代理人 100091096
 弁理士 平木 祐輔
 (74) 代理人 100102576
 弁理士 渡辺 敏章
 (74) 代理人 100101063
 弁理士 松丸 秀和
 (74) 代理人 100153903
 弁理士 吉川 明

最終頁に続く

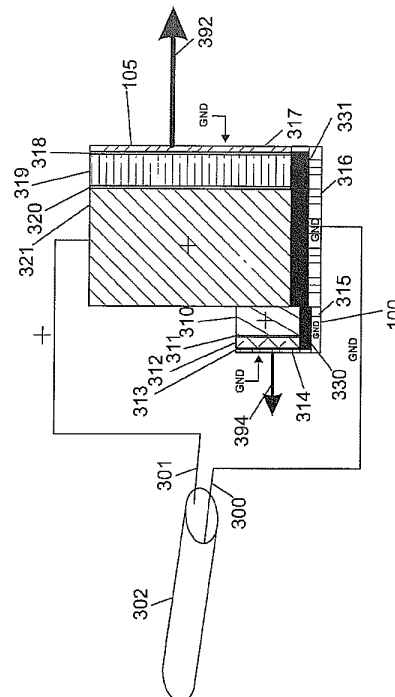
(54) 【発明の名称】 共通電気チャネル上で処理可能な超音波トランスデューサを有する超音波プローブ

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 共通電気チャネルに接続され、撮像プローブ内に収容された複数の超音波トランスデューサを電気的に処理する方法と装置を提供する。

【解決手段】 撮像プローブは、撮像超音波トランスデューサ、出射撮像ビームの方向を制御する可動素子、角度検出超音波トランスデューサを備える。前記角度検出超音波トランスデューサは、超音波撮像ビームの方向を判定するように構成されている。前記角度検出超音波トランスデューサは、音響反射基板に向けて角度検出超音波ビームを方向づけ、前記音響反射基板から反射された反射超音波ビームを検出することにより信号を提供するように構成されている。前記音響反射基板は、前記可動素子の動きが前記信号の変化を生じさせるように、前記可動素子に対して配置されている。

【選択図】 図5 a



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

撮像プローブであって、
細長ボディ、
前記細長ボディ内に配置された第 1 超音波トランスデューサ、
を備え、
前記第 1 超音波トランスデューサは前記細長ボディの遠位端に配置され、
前記第 1 超音波トランスデューサは、超音波撮像ビームを前記細長ボディの外部の領域
に出力し、前記領域から反射超音波撮像エネルギーを受信するように構成されており、
前記撮像プローブはさらに、
前記細長ボディ内に収容された第 2 超音波トランスデューサ、
前記細長ボディを通過して延伸し共通電気チャネルを画定する導電バス、
を備え、
前記撮像部品は、前記超音波撮像ビームの角度方向を前記細長ボディの長手軸に対して
スキャンする可動部材を備え、
前記第 2 超音波トランスデューサは、角度検出超音波ビームを生成し、前記細長ボディ
の長手軸に対する前記可動部材の角度方向に関連付けられた角度検出信号を生成するよう
に構成された、角度検出超音波トランスデューサであり、
前記第 1 超音波トランスデューサと前記第 2 超音波トランスデューサは、前記共通電気
チャネルに接続され、
前記共通電気チャネルは、画像処理システムと電氣的に接続可能である
ことを特徴とする撮像プローブ。

10

20

【請求項 2】

前記撮像部品は音響反射基板を備え、
前記角度検出超音波トランスデューサは、前記音響反射基板に向けて角度検出超音波ビ
ームを方向づけ、前記音響反射基板から反射した反射超音波ビームを受信し、これにより
前記反射超音波ビームに応じて前記角度検出超音波トランスデューサが生成した角度検出
信号が前記共通電気チャネル上で検出可能となるように構成されており、
前記音響反射基板は、前記細長ボディの長手軸に対する前記可動部材の方向の変化が前
記角度検出信号を生じさせるように、前記可動部材に対して配置されている
ことを特徴とする請求項 1 記載の撮像プローブ。

30

【請求項 3】

前記音響反射基板は、前記角度検出信号の変化が前記角度検出信号の相対的時間遅延を
含むように構成されている
ことを特徴とする請求項 2 記載の撮像プローブ。

【請求項 4】

前記音響反射基板は、前記角度検出信号の変化が前記角度検出信号の 1 以上の強度変化
と前記角度検出信号のスペクトル成分とを含むように構成されている
ことを特徴とする請求項 2 記載の撮像プローブ。

【請求項 5】

前記可動部材は前記音響反射基板を含み、
前記角度検出超音波トランスデューサの方向は、前記撮像部品に対して固定されている
ことを特徴とする請求項 2 から 4 のいずれか 1 項記載の撮像プローブ。

40

【請求項 6】

前記角度検出超音波トランスデューサは前記可動部材に取り付けられており、
前記音響反射基板の方向は、前記撮像部品に対して固定されている
ことを特徴とする請求項 2 から 4 のいずれか 1 項記載の撮像プローブ。

【請求項 7】

前記可動部材は回転可能部材であり、
前記音響反射基板は曲面プロファイルを備え、

50

前記曲面プロファイルの曲率は、前記可動部材の偏向が前記角度検出信号の相対的時間遅延の変化を生じさせるように選択されている

ことを特徴とする請求項 6 記載の撮像プローブ。

【請求項 8】

前記曲面プロファイルは、前記角度検出超音波ビームのビーム経路に沿って規定される前記角度検出超音波トランスデューサと前記音響反射基板との間の距離が、前記回転可能部材の規定の角度範囲にわたって変化するように選択されている

ことを特徴とする請求項 7 記載の撮像プローブ。

【請求項 9】

前記曲面プロファイルは、前記回転可能部材の回転角に対する前記距離の変化の比が、前記角度範囲の最小値を超過するように選択されている

ことを特徴とする請求項 8 記載の撮像プローブ。

10

【請求項 10】

前記曲面プロファイルは、前記回転可能部材の回転角に対する前記距離の変化の比が、前記角度範囲にわたって実質的に一定であるように選択されている

ことを特徴とする請求項 9 記載の撮像プローブ。

【請求項 11】

前記第 1 超音波トランスデューサと前記角度検出超音波トランスデューサは、前記可動部材の少なくとも一部を形成する

ことを特徴とする請求項 2 記載の撮像プローブ。

20

【請求項 12】

前記可動部材は、第 2 偏向可能部材と機械的に連結された第 1 偏向可能部材を備え、前記第 1 偏向可能部材の方向変化が前記第 2 偏向可能部材の対応する方向変化を生じさせるように構成されており、

前記第 2 偏向可能部材の方向変化は、前記超音波撮像ビームの方向の変化を生じさせることを特徴とする請求項 2 記載の撮像プローブ。

【請求項 13】

前記角度検出超音波トランスデューサは、前記角度検出超音波ビームが前記音響反射基板の表面の略法線方向に向けられるように配置されている

ことを特徴とする請求項 2 記載の撮像プローブ。

30

【請求項 14】

前記第 2 偏向可能部材は、前記撮像部品の回転により生成された求心力が、前記第 1 偏向可能部材の傾斜軸回りで前記第 1 偏向可能部材に対して加えるトルクよりも大きいトルクを、前記第 2 偏向可能部材の傾斜軸回りで前記第 2 偏向可能部材に対して加えるように構成されている

ことを特徴とする請求項 12 記載の撮像プローブ。

【請求項 15】

前記第 2 偏向可能部材は、範囲方向のサイズと比較して大きい高さ方向のサイズを有するようにデザインされている

ことを特徴とする請求項 14 記載の撮像プローブ。

40

【請求項 16】

前記角度検出超音波トランスデューサは、前記第 1 および第 2 偏向可能部材の一方に取り付けられており、

前記第 1 および第 2 偏向可能部材の他方は、前記音響反射基板を備える

ことを特徴とする請求項 12 記載の撮像プローブ。

【請求項 17】

前記可動部材は、前記第 1 および第 2 偏向可能部材を機械的に連結する連結部材を備え

、前記連結部材には、前記角度検出超音波トランスデューサが取り付けられており、前記音響反射基板は、前記連結部材の動きが前記角度検出信号の変化を生じさせるよう

50

に、前記連結部材に対して配置されている

ことを特徴とする請求項 1 2 記載の撮像プローブ。

【請求項 1 8】

前記角度検出超音波トランスデューサは、前記第 1 および第 2 偏向可能部材の一方に取り付けられており、

前記音響反射基板は、前記可動部材に対して固定されている

ことを特徴とする請求項 1 2 記載の撮像プローブ。

【請求項 1 9】

前記第 1 超音波トランスデューサは、前記可動部材の少なくとも一部を形成する

ことを特徴とする請求項 2 から 1 8 のいずれか 1 項記載の撮像プローブ。

10

【請求項 2 0】

前記音響反射基板は、前記反射超音波ビームが前記角度検出超音波ビームの非鏡面反射を含むように構成されている

ことを特徴とする請求項 2 から 1 9 のいずれか 1 項記載の撮像プローブ。

【請求項 2 1】

前記音響反射基板は、凹凸加工された面を有する

ことを特徴とする請求項 2 0 記載の撮像プローブ。

【請求項 2 2】

前記凹凸加工された面は、拡散反射面である

ことを特徴とする請求項 2 1 記載の撮像プローブ。

20

【請求項 2 3】

前記凹凸加工された面は、周期的な空間プロファイルを含む

ことを特徴とする請求項 2 1 記載の撮像プローブ。

【請求項 2 4】

前記音響反射基板は、拡散反射材料を含む

ことを特徴とする請求項 2 0 記載の撮像プローブ。

【請求項 2 5】

前記角度検出超音波トランスデューサは、発散ビームプロファイルで前記角度検出超音波ビームを出射するように構成されている

ことを特徴とする請求項 2 から 2 4 のいずれか 1 項記載の撮像プローブ。

30

【請求項 2 6】

前記角度検出超音波トランスデューサは第 1 角度検出超音波トランスデューサであり、

前記撮像部品は、別の角度検出超音波ビームを前記音響反射基板に対して方向づけ、前記音響反射基板から反射された別の反射超音波ビームを検出することにより別の角度検出信号を生成するように構成された、別の角度検出超音波トランスデューサを備え、

前記別の角度検出超音波トランスデューサは、前記共通電気チャネルに接続されていることを特徴とする請求項 2 から 2 4 のいずれか 1 項記載の撮像プローブ。

【請求項 2 7】

前記別の角度検出超音波トランスデューサの中心周波数は、前記第 1 角度検出超音波トランスデューサの中心周波数とは実質的に異なる

ことを特徴とする請求項 2 6 記載の撮像プローブ。

40

【請求項 2 8】

前記別の角度検出超音波トランスデューサの中心周波数は、前記第 1 角度検出超音波トランスデューサの中心周波数と実質的に同一である

ことを特徴とする請求項 2 6 記載の撮像プローブ。

【請求項 2 9】

前記撮像プローブは、前記第 1 超音波トランスデューサと前記角度検出超音波トランスデューサに対して電気エネルギーを出力し、前記第 1 超音波トランスデューサと前記角度検出超音波トランスデューサによって検出された電気信号を検出する、出力検出サブシステムを備える

50

ことを特徴とする請求項 1 から 2 8 のいずれか 1 項記載の撮像プローブ。

【請求項 3 0】

前記第 1 超音波トランスデューサと前記角度検出超音波トランスデューサはそれぞれ、重ならないスペクトル帯域幅によって特徴づけられ、

前記出力検出サブシステムは、前記第 1 超音波トランスデューサと前記角度検出超音波トランスデューサに対して広帯域電気エネルギーを出力し、これにより前記広帯域電気エネルギーのスペクトルが前記第 1 超音波トランスデューサおよび前記角度検出超音波トランスデューサのスペクトル帯域幅と重なるように構成されている

ことを特徴とする請求項 2 9 記載の撮像プローブ。

【請求項 3 1】

前記第 1 超音波トランスデューサと前記角度検出超音波トランスデューサはそれぞれ、重ならないスペクトル帯域幅によって特徴づけられ、

前記出力検出サブシステムは、前記第 1 超音波トランスデューサと前記角度検出超音波トランスデューサに対して電気エネルギーを出力し、これにより前記電気エネルギーのスペクトルが前記第 1 超音波トランスデューサのスペクトル帯域幅内の第 1 スペクトル成分および前記角度検出超音波トランスデューサのスペクトル帯域幅内の第 2 スペクトル成分を含むように構成されている

ことを特徴とする請求項 2 9 記載の撮像プローブ。

【請求項 3 2】

前記出力検出サブシステムはプロセッサを備え、

前記プロセッサは、前記角度検出信号の変化に基づき、前記超音波撮像ビームの方向における対応する変化を判定するようにプログラムされている

ことを特徴とする請求項 3 0 記載の撮像プローブ。

【請求項 3 3】

前記プロセッサは、前記角度検出信号からのフィードバックに基づき前記超音波撮像ビームの方向を制御するようにプログラムされている

ことを特徴とする請求項 3 2 記載の撮像プローブ。

【請求項 3 4】

撮像プローブが出射した撮像ビームの方向を判定する方法であって、

請求項 1 から 3 3 のいずれか 1 項記載の撮像プローブを提供するステップ、

前記共通電気チャネルに対して 1 以上の電気パルスを提供するステップであって、前記 1 以上の電気パルスは前記超音波撮像ビームと前記角度検出超音波ビームを生成するように選択されている、ステップ、

前記共通電気チャネル上で電気信号を受信するステップであって、前記電気信号は、前記反射超音波ビームに応じて前記角度検出超音波トランスデューサによって生成され、前記反射超音波撮像エネルギーに応じて前記撮像超音波トランスデューサによって生成されている、ステップ、

前記電気信号を逆多重化し前記角度検出信号を抽出するステップ、

前記角度検出信号を前記超音波撮像ビームの方向と関連付けるステップ、

を有することを特徴とする方法。

【請求項 3 5】

前記角度検出信号を前記超音波撮像ビームの方向と関連付けるステップは、前記角度検出信号の強度と前記角度検出信号の時間遅延のいずれか 1 つを所定値と比較することにより実施される

ことを特徴とする請求項 3 4 記載の方法。

【請求項 3 6】

前記所定値は較正值であることを特徴とする請求項 3 5 記載の方法。

【請求項 3 7】

前記時間遅延は、前記角度検出信号のピーク振幅を識別することにより判定される

ことを特徴とする請求項 3 5 記載の方法。

10

20

30

40

50

- 【請求項 38】
前記時間遅延は、前記角度検出信号の包絡線のピーク値を識別することにより判定されることを特徴とする請求項 35 記載の方法。
- 【請求項 39】
前記時間遅延は、前記角度検出信号を基準角度検出信号と相互相関付けした後に判定されることを特徴とする請求項 37 記載の方法。
- 【請求項 40】
前記時間遅延は、相互相関信号のピーク値に対応する時間にしたがって判定されることを特徴とする請求項 39 記載の方法。 10
- 【請求項 41】
前記第 1 超音波トランスデューサと前記角度検出超音波トランスデューサはそれぞれ実質的に重ならないスペクトル帯域幅を有し、
前記電気信号を逆多重化するステップは、前記角度検出超音波トランスデューサのスペクトル帯域幅に対応する前記電気信号の一部を抽出するステップを含む
ことを特徴とする請求項 35 から 40 のいずれか 1 項記載の方法。
- 【請求項 42】
前記第 1 超音波トランスデューサから得られる信号パルスと前記角度検出超音波トランスデューサから得られる信号パルスは、異なる時間ウィンドウにおいて受信され、
前記角度検出信号を抽出するステップは、前記角度検出超音波トランスデューサに関連付けられた時間ウィンドウからの信号パルスを抽出するステップを含む
ことを特徴とする請求項 35 から 41 のいずれか 1 項記載の方法。 20
- 【請求項 43】
前記方法は、前記角度検出信号から判定された方向を用いて前記超音波撮像ビームの方向を動的制御するステップを有する
ことを特徴とする請求項 35 から 42 のいずれか 1 項記載の方法。
- 【請求項 44】
回転動作が制限された回転可能超音波装置であって、
剛体支持部、
超音波トランスデューサ、
前記剛体支持部に対して前記超音波トランスデューサを回転可能に支持する 1 組の回転素子、
前記超音波トランスデューサを前記剛体支持部に接続し、前記バネが前記超音波トランスデューサの回転動作に応じて復元力を提供するようにするバネ、
を備えることを特徴とする装置。 30
- 【請求項 45】
前記バネは、前記超音波トランスデューサを前記剛体支持部と回転可能に接続するねじりバネである
ことを特徴とする請求項 44 記載の装置。 40
- 【請求項 46】
前記ねじりバネの軸は、前記超音波トランスデューサの回転軸と実質的に同一線上にある
ことを特徴とする請求項 45 記載の装置。
- 【請求項 47】
前記ねじりバネは導体であることを特徴とする請求項 45 または 46 記載の装置。
- 【請求項 48】
前記ねじりバネの導電部分は、ステンレス鋼、ベリリウム銅、銅、銀、チタニウム、金、プラチナ、パラジウム、レニウム、タンゲステン、ニッケル、コバルト、およびこれらの合金からなるグループから選択された材料を含む 50

ことを特徴とする請求項 4 7 記載の装置。

【請求項 4 9】

前記ねじりバネは、導体コアと絶縁コートを備える
ことを特徴とする請求項 4 7 または 4 8 記載の装置。

【請求項 5 0】

前記ねじりバネは前記超音波トランスデューサの第 1 面と接触する第 1 ねじりバネであり、

前記装置は、前記超音波トランスデューサの第 2 面を前記剛体支持部と回転可能に接続する第 2 ねじりバネを備える

ことを特徴とする請求項 4 5 から 4 9 のいずれか 1 項記載の装置。

10

【請求項 5 1】

前記第 1 ねじりバネと前記第 2 ねじりバネは導体であり、前記超音波トランスデューサを電氣的に処理するように構成されている

ことを特徴とする請求項 5 0 記載の装置。

【請求項 5 2】

前記ねじりバネは、ミクロンサイズの断面サイズを有するワイヤを備える

ことを特徴とする請求項 4 8 または 4 9 記載の装置。

【請求項 5 3】

前記断面サイズは、2 ミクロンと 1 0 0 ミクロンの間である

ことを特徴とする請求項 5 2 記載の装置。

20

【請求項 5 4】

超音波プローブであって、

細長ボディ、

前記細長ボディ内に配置された第 1 超音波トランスデューサ、

を備え、

前記第 1 超音波トランスデューサは、前記細長ボディの遠位端から離れて配置されており、

前記第 1 超音波トランスデューサは、前記細長ボディ外の領域に対して超音波ビームを出力するように構成されており、

前記超音波プローブはさらに、

30

前記細長ボディ内に配置され前記超音波ビームの角度方向をスキャンする可動部材、

前記細長ボディ内に配置された角度検出超音波トランスデューサ、

を備え、

前記角度検出超音波トランスデューサは、角度検出超音波ビームを生成するとともに前記可動部材の角度方向に対応付けられた角度検出信号を生成するように構成されており、

前記超音波プローブはさらに、

前記細長ボディを通過して延伸し共通電気チャネルを画定する導体パス、

を備え、

前記第 1 超音波トランスデューサと前記角度検出超音波トランスデューサは、前記共通電気チャネルに接続されており、

40

前記共通電気チャネルは、外部処理システムと電氣的に接続可能である

ことを特徴とする超音波プローブ。

【請求項 5 5】

前記超音波プローブは音響反射基板を備え、

前記角度検出超音波トランスデューサは、前記音響反射基板に向けて角度検出超音波ビームを方向づけ、前記音響反射基板から反射された反射超音波ビームを受信し、これにより前記反射超音波ビームに応じて前記角度検出超音波トランスデューサが生成した角度検出信号が前記共通電気チャネル上で検出されるように構成されており、

前記音響反射基板は、前記可動部材の方向の変化が前記角度検出信号の変化を生じさせるように、前記可動部材に対して配置されている

50

ことを特徴とする請求項 5 4 記載の超音波プローブ。

【請求項 5 6】

回転可能部材の角度を判定する超音波角度検出装置であって、
前記回転可能部材は、剛体支持部と回転可能に連結されており、
前記超音波角度検出装置は、前記回転可能部材に取り付けられた電氣的に処理可能な超音波トランスデューサを備え、
前記超音波トランスデューサは、前記回転可能部材の方向に依拠する方向に超音波パルスを出射するように構成されており、
前記超音波角度検出装置はさらに音響反射基板を備え、
前記音響反射基板は、前記剛体支持部に対して固定され、前記回転可能部材の規定の角度範囲にわたって前記超音波トランスデューサに対して前記超音波パルスを実質的に逆反射し、これにより前記超音波パルスのビーム経路に沿って規定される前記超音波トランスデューサと前記音響反射基板との間の距離が前記角度範囲にわたって変化するように選択された、面曲率を有することを特徴とする装置。

10

【請求項 5 7】

前記面曲率は、前記角度範囲にわたって前記距離が単調変化するように選択されていることを特徴とする請求項 5 6 記載の装置。

【請求項 5 8】

前記面曲率は、前記距離の変化の、前記回転部材の回転角に対する比が、前記角度範囲の最小値を超過するように選択されていることを特徴とする請求項 5 7 記載の装置。

20

【請求項 5 9】

前記面曲率は、前記距離の変化の、前記回転部材の回転角に対する比が、前記角度範囲にわたって実質的に一定であるように選択されていることを特徴とする請求項 5 7 記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願に対する相互参照

30

本願は、2011年1月31日に出願された、米国仮出願第61/437,758号、発明の名称“共通電気チャネル上で処理可能な超音波トランスデューサを有する撮像プローブ”の優先権を主張する。同文献の全内容は、参照によって本願に組み込まれる。

【0002】

本発明は、超音波撮像トランスデューサを採用した撮像システムおよびプローブに関する。本開示はまた、最小侵襲撮像過程における撮像トランスデューサからの照射を方向づけるために用いられる可動素子の角度方向における変化を検出する方法に関する。高解像度生物医学撮像技術は、多くの用途に供されている。これは、組織構造および生体構造の評価、生体の局所領域に対する侵襲の計画および/またはガイド、ある領域の構造、構成、その他の特性を変化させる侵襲の結果に対する評価、を含む。

40

【背景技術】

【0003】

高周波超音波は特に、心臓内および血管内の用途においてよく用いられている。これら用途において、超音波トランスデューサは、生体内の内腔または空洞に挿入されるカテーテルその他のデバイス内に組み込まれる。高周波超音波の2つの重要な実装は、血管を撮像するための血管内超音波 (IVUS)、および心室を撮像するための心臓内の心エコー検査 (ICE) である。ICEとIVUSはともに侵襲が最小であり、1以上の超音波トランスデューサを血管内または心室内に配置し、これらの構造の高品質画像を得るものである。

【0004】

50

Courtney等(米国公開特許US20090264768号)は、3D超音波および/または光学撮像を介して前方視することができる、血管内/心臓内の心エコー検査カテーテルを記載している。これは、可動部材を用いて様々な角度で撮像することによって実現されている。このデバイスは、撮像機構自身またはミラーなどの偏向部材の位置および/または方向についての知識を利用している。

【0005】

撮像トランスデューサを用いて得られた画像を撮像プローブの方向と相関付けるためには、撮像システムの可動部分の相対角度方向を判定するメカニズムを提供することが重要である。この角度方向は、撮像エネルギーが伝搬する角度および/または撮像プローブから受信するときの角度を決定する。Courtney等は、角度検出メカニズムおよび方法についていくつかを開示している。1つの方法は、例えばルックアップテーブルを用いて、回転速度を撮像角度と関連付けるステップを有する。一連の電子のおよび電気機械的技術も記載されている。これには、容量、抵抗、電磁気、誘導、および歪みゲージに基づく技術が含まれる。主撮像ソースを用いる反射器からの拡散散乱を採用した技術も記載されている。主撮像ソースから分離された検出センサを利用して撮像角度を判定する光学および音響手法とメカニズムも開示されている。

10

【0006】

上記技術に関連して、いくつかの制約がある。例えば、回転速度を撮像速度と関連付けるルックアップテーブルを用いると、精度が大幅に低下する傾向がある。方向や状況が異なると、撮像角度と回転速度との間の関係に影響する場合がある。これは特に、異なる方向における重力、温度条件の違い、またはカテーテル上の応力によって生じる。また多くの技術は(主に撮像モダリティ以外のモダリティを使用するもの)、非常に複雑な部品とエネルギー源を必要とする場合がある。

20

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0007】

共通電気チャンネルに接続され、撮像プローブ内に収容された、複数の超音波トランスデューサを電気的に処理する方法および装置を提供する。撮像プローブは、撮像超音波トランスデューサ、出射撮像ビームの方向を制御するための可動要素、および角度検出超音波トランスデューサを備える。角度検出超音波トランスデューサは、超音波撮像ビームの方向を判定するように構成されている。角度検出トランスデューサは、角度検出超音波ビームを音響反射基板に対して方向付け、音響反射基板から反射された反射超音波ビームを検出することにより信号を提供するように構成することができる。音響反射基板は、可動要素の動きが信号を変化させるように、可動要素に対して相対的に配置される。

30

【0008】

したがって、第1側面において、撮像プローブが提供される。同撮像プローブは、細長ボディ;前記細長ボディ内に配置される第1超音波トランスデューサ;を備え、前記第1超音波トランスデューサは前記細長ボディの近位端から離れて配置され、前記第1超音波トランスデューサは前記細長ボディの外側領域に対して超音波撮像ビームを出力し、前記領域からの反射超音波撮像エネルギーを受信するように構成される。前記撮像プローブはさらに、前記細長ボディ内に収容された第2超音波トランスデューサ;前記細長ボディを介して延伸し共通電気チャンネルを規定する導電パス;を備え、前記第1超音波トランスデューサと前記第2超音波トランスデューサは、前記共通電気チャンネルに接続され、前記共通電気チャンネルは画像処理システムと電気的に接続可能である。

40

【0009】

他側面において、超音波プローブが提供される。同超音波プローブは、細長ボディ;前記細長ボディ内に配置された第1超音波トランスデューサ;を備える。前記第1超音波トランスデューサは、前記細長ボディの近位端から離れて配置されている。前記第1超音波トランスデューサは、前記細長ボディの外側領域に対して超音波ビームを出力するように構成されている。前記超音波プローブはさらに、前記細長ボディ内に配置された別の超音

50

波トランスデューサ；前記細長ボディを介して延伸し共通電気チャネルを規定する導電パス；を備える。前記第1超音波トランスデューサと前記別の超音波トランスデューサは、前記共通電気チャネルに接続されている。前記共通電気チャネルは、外部処理システムと電氣的に接続可能である。

【0010】

他側面において、回転可能部材の角度を判定する超音波角度検出デバイスが提供される。前記回転可能部材は、剛体支持部材と回転可能に連結されている。前記超音波角度検出デバイスは、前記回転可能部材に取り付けられた電氣的に処理可能な超音波トランスデューサを備える。前記超音波トランスデューサは、前記回転可能部材の向きに依拠する方向において超音波パルスを出射するように構成されている。前記超音波角度検出デバイスはさらに、前記剛体支持部材に対して相対的に固定され、前記回転可能部材の規定角度範囲にわたって前記超音波パルスを前記超音波トランスデューサに対して実質的に逆反射するように選択された表面曲率を有する、音響反射基板を備える。これにより、前記超音波トランスデューサと前記音響反射基板との間の距離は、前記超音波パルスのビームパスに沿って規定され、前記角度範囲にわたって変化する。

10

【0011】

本開示の機能的側面および有利な効果は、以下の詳細説明と図面を参照することによってさらに理解されるであろう。

【0012】

本開示の実施形態を、以下の図面を参照して、例示として説明する。

20

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】超音波部材と光学部材を有する撮像システムの概略図である。

【図2】アダプタ、導管、撮像部材を有するフレキシブル撮像プローブの斜視図である。

【図2a】点線に沿って取得した図2の撮像プローブの中央部の断面図である。

【図2b】図2の撮像プローブの遠位領域の拡大図である。

【図3a】図3a～図3gは、傾斜可能部材を傾斜させる技術の実施形態を示す。図3aは、傾斜が求心運動によって生じるカテーテルの長手断面図を示す。

【図3b】図3aに示すカテーテルの断面図を示す。

【図3c】図3aのカテーテルおよびスキャン部材を図3aよりも高速に回転させることによって生じる傾斜を示す。

30

【図3d】図3cに示すカテーテルの断面図を示す。

【図3e】1以上の磁石を用いて傾斜が制御されるカテーテルの長手断面図を示す。

【図3f】図3eのカテーテルの長手断面図を示す。

【図3g】図3eのカテーテルおよび磁力によって生じた偏向を示す。

【図3h】図3gのカテーテルの断面図を示す。

【図3i】撮像角度情報を用いて3D画像を生成するためのポテンシャルスキャンパターンを示す。

【図3j】角度検出トランスデューサを用いて、出射された撮像ビームの方向を制御するためのフィードバックを提供する、制御システムを示す。

40

【図3k】復元機構としてねじりバネを用いるシステムの実装を示す。

【図4a】図4は、タイムオブフライト法により、高周波超音波トランスデューサを用いて傾斜可能超音波トランスデューサの傾斜角度を推定する様子を示す。図4aと図4bは、2つの異なる角度方向において、傾斜可能部材の傾斜を測定する様子を示す。

【図4b】図4aと図4bは、2つの異なる角度方向において、傾斜可能部材の傾斜を測定する様子を示す。

【図4c】図4cと図4dは、それぞれ図4aと図4bに示す角度方向についての送受信超音波パルスの受信時間依存性をプロットしたものを示す。

【図4d】図4cと図4dは、それぞれ図4aと図4bに示す角度方向についての送受信超音波パルスの時間依存性をプロットしたものを示す。

50

【図 4 e】超音波ビームの時間遅延が傾斜角度に対して依存している様子をプロットしたものを示す。

【図 4 f】タイムオブフライト法により、高周波超音波トランスデューサを用いて傾斜可能超音波トランスデューサの傾斜角度を推定する様子を示す。

【図 4 g】タイムオブフライト法により、高周波超音波トランスデューサを用いて傾斜可能超音波トランスデューサの傾斜角度を推定する様子を示す。

【図 5 a】図 5 a と図 5 b は、超音波トランスデューサを接続して単一の電気接続を通じ複数の超音波トランスデューサを介して音響エネルギーを生成する方式を示す。図 5 a は、撮像トランスデューサと角度検出トランスデューサが直接接合されている場合を示す。

【図 5 b】撮像トランスデューサと角度検出トランスデューサが物理的に分離されているが、電氣的に接続されている場合を示す。

【図 5 c】2つの撮像超音波トランスデューサが被覆内に収容され、共通電気チャネルに接続されて、逆並行に同時撮像する実施形態を示す。

【図 5 d】2つの撮像超音波トランスデューサが被覆内に収容され、共通電気チャネルに接続されて、直角に同時撮像する実施形態を示す。

【図 5 e】2つの撮像超音波トランスデューサが被覆内に収容され、共通電気チャネルに接続されて、直角に同時撮像する実施形態を示す。

【図 5 f】2つの撮像超音波トランスデューサが被覆内に収容され、共通電気チャネルに接続されて、並行に同時撮像する実施形態を示す。

【図 5 g】3周波数撮像構成を示す。

【図 5 h】2周波数部材が光学撮像モダリティと組み合わせされた構成を示す。

【図 5 i】集束超音波トランスデューサを有する構成を示す。

【図 6】共通チャネルに接続された2つの超音波トランスデューサのアクティブ帯域幅間の分離を示す。

【図 7】2つの超音波トランスデューサそれぞれについて個別の R L C 回路を用いる調整部品を使用する様子を示す。

【図 8 a】図 8 a ~ 図 8 e は、高周波超音波トランスデューサを使用して傾斜可能光学および/または音響ミラーの偏向を推定する様子を示す。図 8 a と図 8 b は、傾斜可能ミラーの傾斜角度を2つの異なる角度方向において測定する様子を示す。

【図 8 b】図 8 a と図 8 b は、傾斜可能ミラーの傾斜角度を2つの異なる角度方向において測定する様子を示す。

【図 8 c】図 8 c と図 8 d は、それぞれ図 8 a と図 8 b に示す角度方向についての送受信超音波パルスの時間依存性をプロットしたものを示す。

【図 8 d】図 8 c と図 8 d は、それぞれ図 8 a と図 8 b に示す角度方向についての送受信超音波パルスの時間依存性をプロットしたものを示す。

【図 8 e】超音波ビームの時間遅延が偏向角度に対して依存している様子をプロットしたものを示す。

【図 9 a】図 9 a ~ 図 9 e は、高周波超音波トランスデューサを使用して変形可能部材上に配置された超音波トランスデューサの角度方向を推定する様子を示す。図 9 a と図 9 b は、ミラーの傾斜を2つの異なる角度方向において測定する様子を示す。

【図 9 b】図 9 a と図 9 b は、ミラーの傾斜を2つの異なる角度方向において測定する様子を示す。

【図 9 c】図 9 c と図 9 d は、それぞれ図 9 a と図 9 b に示す角度方向についての送受信超音波パルスの時間依存性をプロットしたものを示す。

【図 9 d】図 9 c と図 9 d は、それぞれ図 9 a と図 9 b に示す角度方向についての送受信超音波パルスの時間依存性をプロットしたものを示す。

【図 9 e】角度検出超音波ビームの時間遅延が傾斜角度に対して依存している様子をプロットしたものを示す。

【図 10 a】図 10 a ~ 図 10 e は、受信信号の強度を評価する手法により高周波超音波トランスデューサを使用して傾斜可能部材の偏向角度を推定する様子を示す。図 10 a と

10

20

30

40

50

図10bは、傾斜可能部材の傾斜を2つの異なる角度方向において測定する様子を示す。

【図10b】図10aと図10bは、傾斜可能部材の傾斜を2つの異なる角度方向において測定する様子を示す。

【図10c】図10cと図10dは、それぞれ図10aと図10bに示す角度方向についての送受信超音波パルスの時間依存性をプロットしたものを示す。

【図10d】図10cと図10dは、それぞれ図10aと図10bに示す角度方向についての送受信超音波パルスの時間依存性をプロットしたものを示す。

【図10e】受信超音波ビームに関するピーク電圧が偏向角度に対して依存している様子をプロットしたものを示す。

【図11a】図11aと図11bは、(a)鏡面反射面を使用する様子と(b)拡散反射面を使用する様子と比較するものである。

【図11b】図11aと図11bは、(a)鏡面反射面を使用する様子と(b)拡散反射面を使用する様子と比較するものである。

【図11c】図11cと図11dは、それぞれ図11aと図11bに示す角度方向についての送受信超音波パルスの時間依存性をプロットしたものである。

【図11d】図11cと図11dは、それぞれ図11aと図11bに示す角度方向についての送受信超音波パルスの時間依存性をプロットしたものである。

【図12a】図12aと図12bは、2つの異なる角度方向においてタイムオブフライト法により2つの高周波超音波トランスデューサを使用して傾斜可能部材の偏向角度を推定する様子を示す。

【図12b】図12aと図12bは、2つの異なる角度方向においてタイムオブフライト法により2つの高周波超音波トランスデューサを使用して傾斜可能部材の偏向角度を推定する様子を示す。

【図12c】図12cと図12dは、それぞれ図12aと図12bに示す角度方向についての送受信超音波パルスの時間依存性をプロットしたものである。

【図12d】図12cと図12dは、それぞれ図12aと図12bに示す角度方向についての送受信超音波パルスの時間依存性をプロットしたものである。

【図13a】図13a～図13eは、屈曲形状を有し、タイムオブフライト法を用いて検出可能な角度範囲を増加させる、ディスクを示す。図13aと図13bは、2つの異なる角度方向を示す。

【図13b】図13aと図13bは、2つの異なる角度方向を示す。

【図13c】図13cと図13dは、それぞれ図13aと図13bに示す角度方向についての送受信超音波パルスの時間依存性をプロットしたものを示す。

【図13d】図13cと図13dは、それぞれ図13aと図13bに示す角度方向についての送受信超音波パルスの時間依存性をプロットしたものを示す。

【図13e】超音波ビームの時間遅延が偏向角度に対して依存している様子をプロットしたものを示す。

【図14a】図14a～図14dは、超音波エネルギーを拡散的に出射し検出して、タイムオブフライト法により検出可能な角度範囲を増加させる超音波トランスデューサを示す。図14aと図14bは、2つの異なる角度方向を示す。

【図14b】図14aと図14bは、2つの異なる角度方向を示す。

【図14c】図14cと図14dは、それぞれ図14aと図14bに示す角度方向についての送受信超音波パルスの時間依存性をプロットしたものである。

【図14d】図14cと図14dは、それぞれ図14aと図14bに示す角度方向についての送受信超音波パルスの時間依存性をプロットしたものである。

【図15a】図15a～図15dは、傾斜可能部材に取り付けられた角度検出トランスデューサを用いて、曲面を使用して精度を向上させつつ検出可能な角度範囲をタイムオブフライト法により増加させる様子を示す。図15aと図15bは、2つの異なる角度方向を示す。

【図15b】図15aと図15bは、2つの異なる角度方向を示す。

10

20

30

40

50

【図15c】図15cと図15dは、それぞれ図15aと図15bに示す角度方向について送受信超音波パルスの時間依存性をプロットしたものである。

【図15d】図15cと図15dは、それぞれ図15aと図15bに示す角度方向について送受信超音波パルスの時間依存性をプロットしたものである。

【図15e】曲面の曲率とトランスデューサの方向との間の関係を示す。曲面は局所的には入射音響ビームに対して略法線方向であり、これにより受信信号の強度を確保する。

【図16a】高周波超音波トランスデューサを使用して、音響パッシブ部材と機械的に連結された傾斜可能超音波トランスデューサの傾斜角度を推定する様子を示す。角度検出トランスデューサは、音響パッシブ部材上に取り付けられている。図16aと図16bは、2つの異なる角度方向を示す。

10

【図16b】図16aと図16bは、2つの異なる角度方向を示す。

【図16c】図16cと図16dは、それぞれ図16aと図16bに示す角度方向について送受信超音波パルスの時間依存性をプロットしたものである。

【図16d】図16cと図16dは、それぞれ図16aと図16bに示す角度方向について送受信超音波パルスの時間依存性をプロットしたものである。

【図16e】角度検出トランスデューサから2つの傾斜可能部材それぞれの上の点間の一定距離までの間の距離についての知識から傾斜角度を計算するために用いることができる幾何学的関係を示す。

【図17a】図17a～図17dは、高周波超音波トランスデューサを使用して、音響パッシブ部材と機械的に連結された傾斜可能超音波トランスデューサの偏向角度を推定する様子を示す。角度検出トランスデューサは、撮像トランスデューサ上に統合されている。

20

【図17b】図17a～図17dは、高周波超音波トランスデューサを使用して、音響パッシブ部材と機械的に連結された傾斜可能超音波トランスデューサの偏向角度を推定する様子を示す。角度検出トランスデューサは、撮像トランスデューサ上に統合されている。

【図17c】図17cと図17dは、それぞれ図17aと図17bに示す角度方向について送受信超音波パルスの時間依存性をプロットしたものである。

【図17d】図17cと図17dは、それぞれ図17aと図17bに示す角度方向について送受信超音波パルスの時間依存性をプロットしたものである。

【図18a】図18a～図18bは、図16と図17に示すものと同様の機械的に連結された音響パッシブ部材とともに、図15に示す曲面を使用する様子を示す。図18aは、図17に示すものと同じ視点からの図を示す。

30

【図18b】図18aのハッチング線で切断した図を示す。

【図18c】図18c～図18iは、角度検出トランスデューサを用いて機械的カブラの位置を検出して偏向角度を推定する実施形態を示す。図18cと図18eは、2つの異なる位置における傾斜可能部材を示す。

【図18d】図18dと図18fは、それぞれ図18cと図18eのハッチング線で切断した図を示す。

【図18e】図18cと図18eは、2つの異なる位置における傾斜可能部材を示す。

【図18f】図18dと図18fは、それぞれ図18cと図18eのハッチング線で切断した図を示す。

40

【図18g】図18gと図18hは、それぞれ図18dと図18fに示すシナリオのタイミング図を示す。

【図18h】図18gと図18hは、それぞれ図18dと図18fに示すシナリオのタイミング図を示す。

【図18i】受信時間遅延と傾斜角度との間の関係を示す。

【図19a】図19a～図19gは、サンプルパルスシーケンスと、複数手法を用いる単一チャンネル上の対応する撮像トランスデューサおよび偏向角度トランスデューサからの受信信号を示す。図19aは、2つの形状を測定する様子を示す。

【図19b】インターリーブパルス方式に基づき、2つの形状からの信号と角度検出トランスデューサからの信号を抽出する方法を示す。

50

【図19c】距離範囲についての従前の知識とスペクトル手法のいずれかまたは双方を用いる例を示す。

【図19d】角度検出方式において用いられる最大距離範囲を超えているか否かに基づき、2つの形状からの信号と角度検出トランスデューサからの信号を抽出する方法を示す。

【図19e】スペクトル手法を使用して角度検出情報を撮像情報から分離する例を示す。

【図19f】単一角度検出パルスの中に複数撮像パルスが送信される送信パルスシーケンスを示す。

【図19g】撮像パルスと後続の角度検出パルスとの間に長い時間遅延が存在し、角度検出パルスと後続の撮像パルスとの間に短い時間遅延が存在する、送信パルスシーケンスを示す。

10

【図20a】図20a～図20bは、角度検出トランスデューサによって検出される距離を判定するための、それぞれ異なる推定手法を示す。図20aは、高周波(RF)ピーク検出法と包絡線検出法を使用することに基づく距離検出の例を示す。

【図20b】相互相関法を使用することに基づく距離検出の例を示す。

【図21】図18aと図18bに示す実施形態を用いて実施した角度検出実験から取得した実験データを示す。

【発明を実施するための形態】

【0014】

本開示の様々な実施形態と側面を、以下の詳細記述に基づき説明する。以下の説明と図面は、本開示を例示するものであり、本開示を限定するものであると解釈すべきではない。様々な詳細部分を説明して本開示の様々な実施形態を理解できるようにする。しかし、特定の場合においては、よく知られまたは従来技術の部分については、本開示の実施形態を簡潔に記載するため、説明しない。本明細書における方法のステップ順序は、その方法が動作可能である限りにおいて重要ではないことを理解されたい。また、特に明示しない限り、2以上のステップを同時にまたは本明細書に記載するものとは異なる順序で実施することができる。

20

【0015】

本明細書において、「備える」という用語は、包括的かつ非制約的なものであり、排他的なものではないと解釈されたい。特に、本明細書および特許請求の範囲において、「備える」という用語およびその派生用語は、特定の形状、ステップ、構成要素が含まれていることを意味する。これら用語は、その他の形状、ステップ、構成要素を排除するものであると解釈すべきではない。

30

【0016】

本明細書において、「例」という用語は、「例、事例、実例としての役割を果たす」という意味であり、本明細書における他の構成よりも好ましいまたは有利なものであると解釈すべきではない。

【0017】

本明細書において、「約」「略」という用語は、粒子のサイズ範囲、混合物の組成、またはその他の物理特性とともに用いる場合、サイズの上下限における僅かな違いを包括し、平均的にはほぼ全体にわたってサイズを満たすが統計的にはその範囲外のものが存在し得る実施形態を排除しないことを意味する。本開示の実施形態におけるようなものを排除することを意図するものではない。例えば、本開示の実施形態において、撮像プローブの構成要素のサイズが示されているが、それらが限定的なものではないことが理解されるであろう。

40

【0018】

本明細書において、「高解像度プローブ」という用語は一般に、光学撮像手法および高周波超音波を指している。後者は通常、3MHz以上の周波数を含み、さらには5～100MHz範囲の周波数を含む。

【0019】

本明細書において、「撮像放射」「撮像エネルギー」という用語は、電磁放射、音響放

50

射、またはその双方を指している。特に電磁放射は、紫外波長、可視波長、および/または赤外波長のスペクトルにわたる。

【0020】

本明細書において、「偏向」という用語は、少なくとも関連する物体の角度方向における変化を指している。例えば偏向とは、傾斜可能部品の傾斜の変化または可動部材の角度方向の変化である。本明細書において、「傾斜」という用語は、物体の角度方向を指している。角度方向における変化は、傾斜角の変化によって定義され、物体が変形可能である場合はその物体の他部分に対して相対的なものであってもよいし、組立品内の他物体に対して相対的なものであってもよい。例えば、ピボット機構上に取り付けられた部品は、そのピボット機構の軸回りで旋回することによって傾斜し得る。これに代えて、変形可能部品上に取り付けられ、または変形可能部品の一部として統合された部品は、その変形可能部品が変形する結果として傾斜し得る。

10

【0021】

本明細書において、「移動」という用語は、物体の角度方向における変化、物体の位置の変化、または物体の角度方向と位置の双方における変化を指している。例えば物体の移動は、物体を傾斜させ、または物体を軸回りで旋回させた結果として生じ得る。移動は、物体の変形または物体の変形可能部分の変形による結果としても生じ得る。移動は、物体の移動によっても生じ得る。物体の移動は、絶対的移動であってもよいし、物体が変形可能である場合はその物体の他部分に対する相対的移動であってもよいし、組立品内の他物体に対する相対的移動であってもよい。

20

【0022】

本明細書において、「電気チャネル」という用語は、電氣的要素に対して電気エネルギーを伝搬させ、または電氣的要素から電気信号を検出するのに適した導電パスを指している。この電氣的要素は、例えば超音波トランスデューサである。電気チャネルの例としては例えば、配線などのような2つの導体が含まれる。この導体は電氣的要素に接触しており、電位差が導体間に印加されると、相応の電圧が電氣的要素を交差して印加されるようになっている。

【0023】

本開示の実施形態は、可動部材の方向または位置の変化を非接触検出する装置と方法を提供する。超音波トランスデューサを用いて、入射超音波ビームを生成し、反射超音波ビームを検出する。偏向可能部材の偏向により、以下の1以上における変化を生じさせる：a) 強度、b) 時間遅延、c) 反射ビームのスペクトル成分。以下の開示は、実施例を通じて、様々な実施形態を最小侵襲撮像システムおよび方法に対して適用することについて説明および例示する。しかし、これら適用は非限定的例示に過ぎず、本開示の実施形態は広範な用途およびアプリケーションに対して適用可能かつ調整可能であることを理解されたい。

30

【0024】

実施形態とこれを最小侵襲撮像システムに対して適用することについて説明する前に、図1～図3を参照して、最小侵襲撮像システムを例示的に簡単にレビューする。図1を参照すると、撮像システム10が示されている。撮像システム10は、撮像プローブ44を備える。撮像プローブ44は、被験者インターフェースモジュール36を介して、画像処理表示システム49に接続される。画像処理表示システム49は、1以上の撮像機器をサポートするハードウェアを備える。この撮像機器は例えば、超音波光干渉断層法、血管内視鏡、赤外線撮像、近赤外線撮像、ラマン分光法ベース撮像、蛍光撮像などの機器である。超音波撮像プローブおよび超音波光学複合撮像プローブの特定の実施形態は、Courtney等による、2008年1月22日出願された米国特許公開第20080177183号「Imaging Probe with Combined Ultrasounds and Optical Means of Imaging」、2008年1月22日出願された米国特許公開第2008017738号「Scanning Mechanisms for Imaging Probe」、および2009年3月2

40

50

7日に出願された米国特許公開第20090264768号「Scanning Mechanisms for Imaging Probe」に開示されている。これらは参照によってその全体が本願に組み込まれる。

【0025】

制御処理部34を用いて、システムの各機能部を協調動作させる。制御処理部34は、図面および明細書に示す構成要素の一部または全部を含むことができる。オペレータは、ディスプレイおよび/またはユーザインターフェース38を介してシステム50と通信する。システム10はさらに、電極センサ40を備え、撮像する被験者の身体からの心電図信号を取得することができる。心臓動が画像品質に影響を与える可能性がある状況においては、心電図信号を用いて、撮像データを取得する時刻決めをすることができる。心電図は、取得シーケンスを開始するトリガとしての役割も有する。例えば、モータの回転速度を変化させて所望のスキャンパターンを生じさせることをいつ開始するかについてである。例えば、心電図をトリガとして撮像シーケンスを開始すると、収縮期や拡張期のような特定の心臓周期フェーズの間に画像を取得することができる。

10

【0026】

光学サブシステム30は、撮像システムの特定の実装において設けられている場合、以下の構成要素の一部またはすべてを備えることができる：干渉計部品、1以上の光学参照アーム、光学マルチプレクサ、光学デマルチプレクサ、光源、光検出器、スペクトロメータ、偏光フィルタ、偏光コントローラ、タイミング回路、ADコンバータ、パラレル処理アレイ、光学撮像技術を促進するその他既知の部品。超音波サブシステム32は、以下の構成要素の一部または全てを備えることができる：パルス生成器、電子フィルタ、ADコンバータ、パラレル処理アレイ、包絡線検出器、時間ゲイン補償増幅器を含む増幅器、音響撮像技術を促進するその他既知の部品。

20

【0027】

制御処理部34は、撮像システムの特定の実装において設けられている場合、複数の目的に寄与する。当業者は、必要となる特定の部品が撮像システムの特定タイプの要件に依拠することを理解するであろう。例えば制御処理部は、以下の任意の組み合わせを備えることができる：モータ駆動コントローラ、データストレージ部品（例えばメモリ、ハードドライブ、リムーバブルストレージデバイス、CD、DVD、Bluray（登録商標）ディスクのリーダおよびレコーダ）、位置検出回路および/またはソフトウェア、角度検出回路および/またはソフトウェア、タイミング回路および/またはソフトウェア、心臓ゲーティング機能、容積測定撮像プロセッサ、スキャンコンバータ、その他の部品。上記のように、ディスプレイおよびユーザインターフェース38をオプションで提供して、撮像データを取得した時刻よりも後の時刻においてデータをリアルタイム表示または表示することもできる。

30

【0028】

被験者インターフェースモジュール36と制御処理部34は、ハードウェアサブシステムの選択および構成の1例であり、その他の実装も可能であることが分かる。例えば被験者インターフェースモジュール36は、制御処理部34とともに処理表示システム49内に収容することができる。

40

【0029】

撮像プローブ44の構成例は、撮像部品50、実質的な長さ部分に沿った予備撮像導管46、近位端47におけるコネクタ48を備える。撮像部品50は、撮像プローブ44の遠位端41近傍に配置されている。撮像部品50は一般に、撮像プローブ44の部品のことを指す。この部品からは、撮像部品50近傍の領域を撮像するための信号（音響、光学、またはその双方）が収集される。撮像部品50は、撮像放射を送信および/または受信するトランスデューサを収容することができる。エミッタとレシーバは、圧電トランスデューサの場合のように、単一部品であってもよい。

【0030】

光学撮像の場合において、撮像部品50は通常、光ファイバの遠位端と、レンズ（例え

50

ばボールレンズまたはGRINレンズ)などの光学部品の組み合わせとを含む。ビーム伝送および/または収集に用いるためのミラーおよび/またはプリズムを含むこともできる。オプションとして、CCDアレイなどの光検出器または1以上のLEDなどの光源を、撮像部品に直接組み込むこともできる。これにより、光学撮像プローブ内に1以上の光ファイバを設ける必要がなくなる。

【0031】

撮像プローブ44は、長さ方向に沿った1以上の点においてポートを含み、これによりフラッシングを促進することができる。さらに、撮像部品50、コネクタ48、および/または撮像導管46は、アルカリ塩などの液体で満たし、および/または取り囲み、フラッシュすることができる。光学撮像に関するアプリケーションにおいて、撮像プローブ44はガスで満たすことができる。このガスは、二酸化炭素またはその他の生理的毒性が少ない容易に分解するガスを含む。これに代えて、マルチモーダル光学/音響撮像システムの場合においては、撮像部品50を区画して、少なくとも1つのガスで満たした区画または光学撮像のための内腔および少なくとも1つの液体を満たした音響撮像のための区画または室を設けることができる。

10

【0032】

撮像導管46は、少なくとも1つの導電ワイヤ(オプションで2以上)を備える。この導電ワイヤは、接続部を介してエミッタおよび/またはレーザをアダプタに接続する。これは被験者インターフェースモジュール36である。撮像導管46は、例えば互いに電気絶縁された2層の電気配線でラップされた光ファイバを備えることもできる。撮像導管46はさらに、その他の構造物によって強化することもできる。この構造物は例えば、螺旋状にラップされた配線、またはスキャン機構を回転させる撮像トルクケーブルを形成するために用いられるその他の構造物である。これに代えて撮像導管46は導体を含むことができ、回転機構を近位端から離して配置して撮像部品に回転動作を与えることができる。機構例の1つは、撮像部品の近傍にマイクロモータとスリッピングを含む。

20

【0033】

撮像プローブ44はオプションで、EEPROMなどの情報を格納するメモリを備えることができる。この情報は、校正情報、シリアル情報、プローブデザイン情報、所望のフィルタ情報、その他任意のプローブ固有情報を含む。このメモリは、コネクタ48内に配置することができる。

30

【0034】

被験者インターフェースモジュール36は、ファイバおよび/または配線内の信号を、適当な画像処理部に対して送信させる。撮像機構の構成部品に対して回転動作を与えるモータ駆動部を含むことができる。

【0035】

被験者インターフェースモジュール36の一部として、センサを組み込むことができる。このセンサは例えば、撮像プローブ44内の回転部品の角度または回転を検出し、および/または、撮像プローブ44の遠位端41における部品の偏向角度を検出する、位置検出回路である。さらに被験者インターフェースモジュール36は、増幅器を備え、撮像プローブ44とシステムの他部との間の電気信号またはパワーの送信を改善することができる。

40

【0036】

多くのアプリケーションにおいて、最小侵襲プローブの形状を最適化して、合理的な範囲で可能な限り小さくし、所望目的を達成することが重要である。現在のIVUSおよびICEプローブは、直径約0.9~4mmであり、小さいサイズのプローブは、冠動脈解剖の血管樹内においてより遠くへ到達することができる。血管内径は次第に細くなり、また病変血管は狭窄しているからである。さらに、冠動脈解剖において、小さいプローブ(直径約3.4mm以下)は、心房中隔を交差して左心房に向かって容易に進行することができる。よって、サイズが小さいと一般に、冠動脈解剖または心臓解剖においてより広い部分を検査することができる。したがって、プローブとその構成部品を最小外径内に収容

50

し、撮像できるようにすることが望ましい。例えば、Courtney等（米国特許公開第20080177138号）が記載しているスキャン機構を用いて実施する撮像を用いる場合である。

【0037】

図2は、光ファイバ66と同軸電気ケーブル68を含むフレキシブルカテーテルの斜視図である。近位コネクタは、光ファイバ接続ジョイント60を含む。光ファイバ接続ジョイント60は、被験者インターフェースモジュール36に接続し、撮像光ファイバ66を画像処理表示システム49と光結合することができる。電気コネクタ62により、1以上の電気導管を超音波回路および/または制御処理部と接続することができる。撮像導管がその長手軸回りで回転するアプリケーションにおいては、撮像光ファイバの回転部品を、10 相対的に固定され画像処理表示システム49と接続された光ファイバと連結する必要がある。この連結は、撮像プローブ48または被験者インターフェースモジュール36の近位コネクタの一部として組み込まれた光ファイバ回転ジョイントを用いることにより実現することができる。同様に、電気システムの回転部品を、相対的に固定され画像処理表示システム49と接続された電気部品と連結する機構を設ける必要がある。これは、1以上の電気スリッピングまたはスリッピングチャネルを用いることにより実現することができる。

【0038】

図2aは、点線垂直線に沿って取得した、図2に示すカテーテルの中央領域の断面図を示す。この断面図は、予備光ファイバ66、予備導線52、撮像導管内腔47、外部被覆43、同軸配線68を示す。外部被覆43は、中空のフレキシブルな細長シャフトであり、20 生理的互換性のある材料でできており、中空細長シャフトが生体内腔および空洞内に侵入するのに適した直径を有する。図2bの撮像プローブ44端部の拡大詳細図は、撮像部品50を示す。撮像部品50はオプションで、傾斜可能部材51、外部被覆43の端部を超えて延伸する予備導線52の遠位端、被覆43の端部近傍のフラッシュポート53を備える。図2において、撮像プローブ44の近位端は導線52を挿入する予備導線ポート56を備え、コネクタ部品48はフラッシュポート58とコネクタボディに沿った電気コンタクト62を備える。予備導線ポート54は図2bに示している。

【0039】

図3a~図3dは、撮像ビームをスキャンするための傾斜可能部材を採用したカテーテルの構成例を示す。図3aは、30 求心力によって傾斜可能部材51の傾斜角の変化を生じさせる撮像プローブ44の遠位領域の斜視断面図を示す。撮像プローブ44は、体液と体腔から隔絶するための被覆43を備え、さらに撮像部品50内に収容された傾斜可能部材51を備える。

【0040】

傾斜可能部材51は、ピン102に取り付けられている。傾斜可能部材51は、ピン102の周囲で自由に回転する。撮像導管46と撮像部品50（図示せず）が長手軸59回りで低速回転（扇形ハッチング矢印61によって示す）すると、長手軸59と傾斜可能部材51との間の角度は相対的に小さくなる。図3aの斜視断面図を図3bに示す。図3cは、撮像プローブ44の遠位領域の図3aと同様の図面を示す。ただし撮像導管46は40 図3aよりも高速に回転（扇形ハッチング矢印63によって示す）する。求心力により傾斜可能部材51は傾斜し、カテーテルの長手軸と傾斜可能部材51との間の角度は増加する。図3dは図3cの斜視断面図である。

【0041】

図3eは、動的制御磁界を用いて傾斜可能部材51の偏向角度を変化させる撮像プローブ44の遠位領域の斜視断面図を示す。撮像プローブ44は、50 体液および体腔からある程度隔絶するための被覆43を備えることができ、さらに撮像部品50の一部となる傾斜可能部材51を備える。傾斜可能部材51はピン102に取り付けられ、その回りで自由に回転する。傾斜可能部材51には、磁気部品109が取り付けられている。磁気部品109は、磁場によって引き寄せられ、または反発する。磁気部品109は例えば、強磁性部

品または永久磁石部品である。部品109の全部または一部が強磁性または磁性基板によって構成されている場合、部品109は傾斜可能部材51の一部として統合することができる。電磁部品107は、傾斜可能部材51から離れた位置に配置することもできる。電磁部品を制御して、磁気部品109に対して吸引力または反発力を生成することができる。これを実施しているとき、カテーテルの長手軸59と傾斜可能部材との間の角度は、所望のように調整することができる。さらに、電磁部品107と磁気部品109の位置を交換した同様の撮像プローブ、または電磁石と磁気部品に代えて2つの電磁石を用いる同様の撮像プローブを考えることができる。図3eの斜視断面図を図3fに示す。

【0042】

図3gは、図3eに示す撮像プローブ44の遠位領域と同様の図を示す。ただし反発シークスが電磁石107に対して印加され、傾斜可能部材51との間の角度が増加している。図3hは図3gの斜視断面図である。

10

【0043】

傾斜可能部材51は例えば、Bスキャン超音波画像を生成するために用いられる超音波トランスデューサである。他の実施形態は、傾斜可能部材上に取り付けられた超音波トランスデューサを含む。

【0044】

図3iは、超音波画像を生成するための電位スキャンパターンを示す。この場合において、傾斜可能部材は超音波撮像トランスデューサ101である。撮像導管46と撮像部品50は一定速度で回転し、略コーン状の面に沿って画像が生成される。回転速度が変化すると、求心力がカテーテルの長手軸と超音波撮像トランスデューサ101との間の角度を変化させ、異なる回転速度における一連の同心撮像コーン118が得られる。カテーテルの長手軸と超音波撮像トランスデューサ101の法線軸との間の角度は、「撮像角」と呼ぶ。この場合、トランスデューサは比較的小さい撮像角1から開始する。これは回転速度が速いことを示す。回転速度が減少すると、撮像角は2に増える。

20

【0045】

回転がないとき撮像角を安定位置に戻すため、図3kに示す復元機構を用いることができる。主可動部材101は、機械カプラ176を用いて副可動部材114に接続され、これにより2つの部材101と114は同期して動くことができる。全ての部品はシェル178内に収容されている。1以上のパネ182が、可動部材101とシェル178との間に接続されている。このパネは例えば、ねじりパネ、線型パネ、または片持ち梁パネである。可動部材101と114は、それぞれピン111と113によって回転可能に支持されている。このパネ182は、パネ182によって提供される復元力に対抗する適当な回転力が存在しないとき、部材101を側面視位置へ復元する力を提供する。機械的復元力を追加することに加えて、導電材料でねじりパネを少なくとも部分的に形成することもできる。この導電材料は例えば、ステンレス鋼、ベリリウム銅、銅、銀、チタニウム、金、プラチナ、パラジウム、レニウム、タングステン、ニッケル、コバルト、これら金属その他の金属を1以上含み電気接続を提供するために用いることができる合金を含む。パネ182は導体300と電氣的に接続されている。導体301は可動部材101(図示せず)の反対側と同様に接続している。

30

40

【0046】

これに代えて、復元力と電氣的接続をともに提供するパネは、1以上の材料で作成することもできる。1つの材料は導電特性を提供し、他の材料は復元力の機械的特性を提供する。例えばねじりパネは、ニチノールのコアに金の外部層を塗布することにより形成することができる。この外部層は、スパッタリング、めっき、蒸着、電鍍法、電気めっき、電子ビーム技術、その他当分野において既知の手法で塗布される。これに代えて、1以上の材料は、例えばポリマーのような金属でない材料であってもよい。

【0047】

パネの導電要素は、フォトリソグラフィおよび関連する技術を用いることにより、ミクロンサイズ(例えば約100ミクロン×100ミクロン以下)の断面サイズを有する。

50

コバルトとニッケルコバルトで硬化した金は、所望の機械的特性を有する導電バネに適した材料の例である。バネ表面の一部は、絶縁材料によってカバーすることができる。この絶縁材料は例えば、パリレン、テフロン（登録商標）、ポリイミド、その他の材料である。これに代えて、例えば酸化物を金属または合金の外面に形成してバネの外面を加工することにより、絶縁を設けることもできる。

【0048】

以下の実施例は、単一電気チャネル上で複数の超音波トランスデューサを組み合わせる超音波装置および方法を提供する。詳細を説明するアプリケーションは、撮像場の3D画像を正確に再構築するためには撮像角を所与の超音波画像取得イベント、ベクトル、またはピクセルに対して定めなければならない、という事実に関連するものである。上述のよう

10

【0049】

図4を参照すると、time of flight法を用いて傾斜可能部材の角度変化を検出する超音波角度検出装置が示されている。角度検出トランスデューサ100は、傾斜可能部材101の初期位置に対して固定位置に配置されている。傾斜可能部材101は、音響透過媒体に対して少なくとも部分的に音響反射性の材料を含む。角度検出トランスデューサ100は、超音波ビーム110を傾斜可能部材101に向けて送信する。ビーム

20

【0050】

傾斜可能部材101は、それ自身が音響反射性であるか、または音響反射基板の例えば1以上の背面に取り付けられていてもよい。上述のように、音響反射が拡散的となって広範な傾斜角にわたって反射超音波ビームを検出することができるようにしてもよいし、反射超音波ビームは表面反射、容積反射、またはこれらの組み合わせによって生じさせてもよい。1実施例において、傾斜可能部材101は撮像トランスデューサを備える。この撮像トランスデューサは、角度検出トランスデューサ100から離れる方向に音響ビーム1

30

【0051】

図4aと図4bは、傾斜可能部材101の2つの異なる角度位置を示す。傾斜可能部材101は回転軸102の回りで回転することができる。1実施例において回転軸は、傾斜可能部材が回転する回転軸に沿って整列された1以上のピンまたはヒンジを用いて実装されている。図4aにおいて、傾斜可能部材101と角度検出トランスデューサ100との間の間隔は、図4bよりも大きい。この間隔距離により、角度検出ビーム110は図4b

40

【0052】

傾斜角は、time of flightとトランスデューサおよび傾斜部材の形状構成についての知識から計算することができる。この形状構成には、空間および動作範囲の相対位置、および音響経路における音速が含まれる。角度検出トランスデューサの音響ビームは、水やアルカリ塩などの媒体を介して伝搬し、音速は約1450~1600m/sである。

【0053】

例えば、time of flightの差に基づき角度を判定する場合、初期化フェーズ期間中、既知の角度位置および既知の推定time of flightにおいて、ベースライン信号をキャプチャする。このベースライン信号を、異なる位置において受信

50

した信号に対する比較基準として用い、上述の技術を用いて傾斜角を推定することができる。

【 0 0 5 4 】

これに代えて傾斜角は、既知の角度偏向において実施した較正測定に基づき実験的に判定することができる。較正測定を用いて、例えば図 4 e のような較正曲線を生成することができる。この較正データは、上述のように撮像プローブ内に配置された E E P R O M 内に格納することができる。

【 0 0 5 5 】

図 4 c と図 4 d は、図 4 a と図 4 b それぞれの角度シナリオにおいて検出した信号を表すタイミング図である。これら例において、時刻 (t) = 0 でパルス 5 0 0 がトランスデューサ 1 0 0 から送信され、受信パルスは後の時刻において強度が減少して検出される。図 4 a の傾斜可能部材 1 0 1 から反射した信号に対応する受信パルス 5 0 2 は、図 4 b の傾斜可能部材 1 0 1 から反射した信号に対応する反射パルス 5 0 4 よりも大きな時間遅延を有する。また、音響波は媒体を介して伝搬するので、部分的に減衰する。この減衰は周波数に依拠し、低周波数エネルギー成分よりも大きく減衰する高周波数エネルギー成分を有する。この結果、受信パルス間の遅延が変化するのみならず、受信パルス 5 0 4 のスペクトル成分も変化する。本実施形態において、スペクトル成分の変化は、傾斜角にも関連し得る。

【 0 0 5 6 】

上記方法を用いて判定する傾斜角は、図 3 j に示すように制御システムにおけるフィードバックのために用いることができる。所望角度 1 9 4 と測定角度 1 9 2 (上記方法を用いて判定する) は、コントローラ 1 9 6 に対する入力として提供され、コントローラ 1 9 6 の出力は角度制御機構 1 9 0 に提供される。当該分野において知られている様々な制御手法およびアルゴリズムを用いることができる。例えば P I D やファジー論理制御が含まれるが、これらに限られるものではない。

【 0 0 5 7 】

他の実施例においては、傾斜可能部材を用いて、撮像プローブ内に収容された撮像超音波トランスデューサからの超音波放射ビームを方向づける。超音波撮像トランスデューサと角度検出トランスデューサは、励起および検出のための共通チャンネルと電氣的に接続されている。超音波撮像トランスデューサは、傾斜可能部材 1 0 1 を形成し、またはこれに代えて傾斜可能部材 1 0 1 に取り付け、または傾斜可能部材 1 0 1 に対して固定し、これにより撮像ビームが傾斜可能部材 1 0 1 によって反射し、散乱し、および / または回折するようにすることができる (以下の実施形態で示すように) 。

【 0 0 5 8 】

両トランスデューサを共通電気チャンネルに接続することにより、簡易で、信頼性があり、コスト効果が高く、省スペースなシステムを実現することができる。さらに、共通電気チャンネルを使用することにより、必要な電気接続の数を最小化することができる。例えば、傾斜可能部材 1 0 1 に取り付けられまたは傾斜可能部材 1 0 1 として組み込まれた超音波撮像トランスデューサに対する電気接続が、撮像部品 5 0 のハウジングから傾斜可能部材への配線または導体パネである場合、この配線またはパネは傾斜可能部材がどの程度容易に傾斜することができるかについて機械的に影響を及ぼす。傾斜可能部材 1 0 1 と撮像部品 5 0 の他部との間の配線またはパネの数を最小化することが望ましい。

【 0 0 5 9 】

撮像トランスデューサと角度検出トランスデューサ双方について共通電気チャンネルを用いると、傾斜可能部材への導体の数が少なくなり、撮像プローブの設計および / または性能がより柔軟になる。同様に、共通電気チャンネルを用いると、被験者インターフェースモジュール 3 6 が対応する必要があるチャンネル数を少なくすることができる (被験者インターフェースモジュールは、撮像プローブの回転部分と画像処理表示システム 4 9 の非回転部分との間の電気信号を連結する、スリッピングなどの構成要素を含む) 。同様に、共通電気チャンネルを用いると、画像処理表示システム 4 9 内の A D コンバータの数を少なく

10

20

30

40

50

し、またはその他信号処理部品の複雑度の数を少なくすることができる。

【0060】

また、共通電気チャネルは、撮像導管のサイズ、構成、および/または導体の数を最適化するのに役立つ。これにより、撮像導管46の機械的特性を改善できる可能性がある。例えば、撮像導管の柔軟性を増す、非均一回転歪みの量を少なくする、撮像導管46の必要サイズを小さくする、撮像プローブ44内に追加要素を設ける空間を提供する、などである。

【0061】

2以上の超音波トランスデューサを共通電気チャネルに接続することに関する本実施形態は、1つの撮像トランスデューサと1つの角度検出トランスデューサを用いるアプリケーションに限定することを意図するものではないことを理解されたい。以下にさらに説明するように、超音波プローブの細長ボディ内の複数の超音波トランスデューサの共通電気接続は、広範なアプリケーションにおいて実装することができ、撮像と角度検出は例示に過ぎず非限定的な実施形態である。

10

【0062】

図5aと図5bは、撮像導管46内で撮像プローブ44内の撮像トランスデューサ105および第2トランスデューサ(例えば角度検出トランスデューサ100)双方のソースとして単一の電気チャネルを採用した2つの実施例を示す概略図を提供する。

【0063】

図5aは、同軸ケーブル302の遠位端を示す。第1および第2導体パス300と301は、超音波撮像トランスデューサ105と超音波角度検出トランスデューサ100に並列接続されている。最小侵襲撮像手順のため、電気ケーブル302は、直径約1000ミクロン以下または500ミクロン以下の、マイクロ同軸ケーブルまたはマイクロより対線である。励起パルスは、信号線301に沿って両超音波トランスデューサに対して送信される。第2接続は第2配線300によって提供され、これはオプションとしてグラウンド接続である。チャネルの導体パスは、信号(+)とグラウンド(GND)の符号を付与したパスであり、これらは交換することもできる。両トランスデューサは側面図で示している。

20

【0064】

撮像トランスデューサ105は、角度検出トランスデューサ100よりもサイズが大きくてもよい。撮像トランスデューサ105は、角度検出トランスデューサ100よりも中心周波数が小さくてもよい。1実施例において、撮像トランスデューサ105の中心周波数は5~60MHzの範囲内にあり、角度検出トランスデューサ100の中心周波数は25~100MHzの範囲内にある。他実施例において、両トランスデューサの中心周波数は、少なくとも約2.5倍異なる。1実施形態において、この倍数は約2.5~3の間である。非限定的な特定の1実施例において、一方のトランスデューサは中心周波数15MHzであり、他方のトランスデューサは中心周波数40MHzである。

30

【0065】

撮像トランスデューサ105は一般に、圧電材料319、典型的にはPZT-5Hによって構成されているが、その他の圧電セラミックス、複合デザイン、単一水晶デザイン、ニオブ酸リチウム、PVDF、その他超音波トランスデューサを製造するために知られているさまざまな材料を含むこともできる。このトランスデューサはcMUTトランスデューサとpMUTトランスデューサを含む。圧電素子は両面318と320を導体層でコートされている。この導体層は例えば、金その他導電率が高い材料の薄層である。圧電層319の片面上にバッキング層321を設けて、不要な音響信号がトランスデューサの背面を通過することを抑制することもできる。バッキング層321は、導体であってもよい。以下に説明するように、これにより角度検出トランスデューサ100との電気接続を簡易化できるからである。バッキング層321全体および/またはバッキング層310が導体ではない別実施形態において、信号線301、導体層320、導体層311の間の適当な電気接続を、バッキング層321および/またはバッキング層310内に形成された導体

40

50

チャンネルを介してまたは導体領域を接続する導線を介して提供することができる。信号導線 301 は、例えば導体バッキング層 321 を介して導体層 320 と電氣的に接続されている。これに代えて、信号導線 301 と導体層 320 との間のその他の導体バスを用いることもできる。図 5 a の実施例において、信号導線 301 への電気接続を共有する全領域は、“+” 符号を付与している。トランスデューサバッキング層 321 の一端において、電気絶縁バリア 331 がトランスデューサに接着されている。バッキング層 321 と反対側の圧電材料 318 の表面上において、導電音響インピーダンス整合材料 317 の薄層が接着されている。

【0066】

導電薄層 316 は、絶縁バリア 331 に隣接して接着されている。グラウンド接続 300 は、この層と電氣的に接続されている。グラウンド接続導線 300 への電気接続を共有する全領域は、“GND” 符号を付与している。撮像トランスデューサから出射された音響ビームは、トランスデューサ表面の法線方向の軸 392 に沿って方向づけられる。

10

【0067】

撮像トランスデューサ 105 のデザインと同様に、角度検出トランスデューサ 100 は、圧電材料 312、典型的には PZT-5H によって構成されているが、複合デザイン、単一水晶デザイン、ニオブ酸リチウム、PVDf、その他当該分野において知られている様々な材料を含むこともできる。圧電層 312 は、両面 311 と 312 を、通常は金の導体薄層でコートされている。圧電層 312 の片面上にはバッキング層 310 が設けられ、トランスデューサの背面を通過する不要な音響信号を抑制する。バッキング層 310 は導体であり、バッキング層 321 と電氣的に接続されている。トランスデューサバッキング構造の一端において、絶縁薄層バリア 330 がトランスデューサに接着されている。バッキング層 310 とは反対側の圧電材料 312 の表面上には、導体音響インピーダンス整合材料 314 の薄層が接着されている。導体薄層 315 は、絶縁バリア 330 に隣接して接着されている。角度検出トランスデューサ 100 から出射された音響ビームは、トランスデューサ表面の法線方向の軸 394 に沿って方向づけられる。これに代えて、バッキング層 310 を省略し、導体層 311 をバッキング層 321 に直接接着することもできる。この場合、2つのトランスデューサはバッキング層 321 を共有し、不要な音響信号を抑制する。

20

【0068】

トランスデューサが単一構造を形成する実施形態においてトランスデューサが電気接続を共有するためには、各トランスデューサの導体グラウンドチャンネル 315 と 316 が直接的に電気接続し、絶縁バリア 330 と 331 が連続し、両トランスデューサのバッキング層 310 と 321 が導体でありかつ互いに直接接続するように、取り付けまたは接着する必要がある。各トランスデューサの導電信号領域とグラウンド領域との間の電気抵抗を高くして、適切な接続を維持すべきである。

30

【0069】

図 5 a に示す実施形態は、2つの超音波トランスデューサが単一の電気チャンネルを共有して単一構造を形成することができる実施形態の例であることを理解されたい。他実施形態において、各トランスデューサの圧電素子 312 と 319 の反対側への導体バスが提供される場合、1以上のバッキング層は導体でなくともよい。導体バスは、配線、金属、導電エポキシ、その他当該分野において知られている材料を用いて形成することができる。このバスは、レイヤリング、ボンディング、はんだ付け、スパッタリング、ワイヤボンディングなどのプロセスを用いて形成することができるが、これに限るものではない。

40

【0070】

音響整合層 314 と 317 は、音響電気カップリングの効率を改善することができるが、1以上のトランスデューサにとって必ずしも必要ではない。別実施形態においては、1以上のトランスデューサにおいて複数の整合層を用いることができる。また、絶縁バリア 330 と 331 は、信号とグラウンド経路を互いに絶縁する実施例を提供するが、図 5 a よりも複雑な構成を取ることができ、固体材料に代えて絶縁ガスまたは液体によって形成

50

された空洞またはギャップを備えることができる。また、2つのトランスデューサの各側部の信号とグラウンドの指定は任意であり、置換構成と接続することができる。

【0071】

図5bは、角度検出トランスデューサ100と撮像トランスデューサ105との間で単一の電気接続を共有し、2つのトランスデューサが単一構造を形成しない実施形態を示す。例えば、トランスデューサは図5aで説明したものと同様の手法で製造することができるが、互いに接着されていない。代わりに、同軸ケーブル302からの信号接続301とグラウンド接続300は、角度検出トランスデューサ100と撮像トランスデューサ105の圧電素子313と319の反対側と電氣的に接続されている。図5bに示す例において、信号導線301への電気接続を共有する全領域は、“+”符号を付与している。同様にグラウンド接続300は、角度検出トランスデューサ100上の導体パス315および撮像トランスデューサ105上の導体パス316の双方と電氣的に接続されている。グラウンド導線300への電気接続を共有する全領域は、図5bにおいて“GND”符号を付与している。1実施例において、各超音波トランスデューサは実質的に異なる中心周波数で動作する。

10

【0072】

実施形態によっては、複数トランスデューサ撮像プローブが提供される。撮像プローブは、共通電気チャンネルに接続された2以上の超音波撮像トランスデューサを収容する。各トランスデューサは、スペクトル的に固有であり他のトランスデューサと重なっていない固有スペクトル応答を示すように選択することができる。上述のように、電気フィルタを用いて超音波トランスデューサ間でスペクトル分離を提供することができる。

20

【0073】

撮像トランスデューサは、各超音波撮像ビームを固有方向へ方向づけるように配置し、これにより複数角度を同時に撮像することができる。複数の超音波トランスデューサが固有かつ個別の電気チャンネルによって位相関係の下で駆動されるフェーズドアレイ撮像とは異なり、本実施形態は、各トランスデューサを励起する信号が多重化される単一電気チャンネルを用いて、複数トランスデューサ、複数角度、および/または複数周波数撮像を可能にする。

【0074】

1実施例において、2以上の撮像トランスデューサは、超音波撮像ビームを実質的に共通の方向に向けるように配向することができる。これは例えば、複数音響スペクトルウィンドウ内で同時撮像するのに有用である。他実施形態において、以下に示すように、3以上のトランスデューサを用いて、図5cと図5dに示すものと同様の単一構造を形成することができる。この複数トランスデューサは、互いに対して任意の角度に向けることができる。

30

【0075】

図5cと図5dは、撮像プローブがそれぞれ相対角度180°と90°を向いた2つの撮像トランスデューサを収容する2つの実施例を示す。トランスデューサ399と397は、共通同軸導体302（共通グラウンド配線300と共通信号線301を備える）を介して電氣的に接続され、被覆43内に収容されている。トランスデューサ397と399の適当な導体層への接続は、例えば図5aに示すように形成することができる。単一構造内の導体パスは、導体パス300と301が単一構造の共通側に接続されるように構成し、あるいは単一構造内の電気接続がトランスデューサ397と399への適当な導体パスを提供するように様々構成できることを付言しておく。他実装例において、トランスデューサの導体層への接続は、上述のように、ワイヤ、金属、導体エポキシ、その他当該分野において知られている材料を用いて形成することができ、パスは例えばレイヤリング、ボンディング、はんだ付け、スパッタリング、ワイヤボンディングなどのプロセスを用いて形成することができるが、これに限られるものではない。

40

【0076】

図5cは、側面視撮像のために構成された被覆43内に収容されているカテーテルを示

50

す。超音波トランスデューサ397と399を結合することにより形成された単一構造を有する。トランスデューサ397と399は、それぞれ同一直線状にないビーム393と395を、カテーテルの長手軸に対する側面視方向に送信する。遠位撮像部品が完全に回転すると、両トランスデューサは同じ組織領域を撮像する。この構成は、組織の同じ領域を2つの異なる周波数で撮像することが望まれる状況において有用である。例えばより深い位置のための低周波数と高解像度を得るための高周波数である。この実施形態はビーム393と395が同一直線状にないものを示しているが、他の有用な実施形態においては反平行ビームが含まれ、同一直線状にないことは必ずしも必要でない。

【0077】

同様に図5dは、超音波撮像トランスデューサ397と399がともに側面視方向を向いている実装例を示す。トランスデューサ開口の中心はプローブ長手軸に沿った略同一位置に配置され、実質的に直交するビームが送信される。遠位撮像部品が完全に回転すると、両トランスデューサは組織の同一領域を撮像する。

10

【0078】

図5cと図5dは、2つのトランスデューサを収容する撮像プローブの2つの非限定的実施形態を提供する。このトランスデューサは、共通電気チャネルを介して電氣的に処理することができる。関連する多くの実施形態およびデザイン変形が可能である。例えば、出射撮像ビームを方向づける傾斜可能、回転可能、可動素子に関する本開示の任意の実施形態を調整して、本実施形態に基づき第2撮像トランスデューサを備えるようにすることができる。この第2撮像トランスデューサは、第1撮像トランスデューサと物理的に接触する必要はない。

20

【0079】

実施形態によっては、第2撮像トランスデューサは、第1撮像トランスデューサから離れた視野を有するように配置または配向することができる。これに代えて第1および第2撮像トランスデューサは、重なる視野を有し、複合視野を生成してもよい。この場合、一方のトランスデューサからの信号を用いて複合視野の一部分についての超音波データを提供し、第2トランスデューサからの信号を用いて複合視野の別部分についての超音波データを提供することができる。1以上のトランスデューサそれぞれからの超音波データは、複数の目的に用いることができる。これには、撮像、組織特徴付け、撮像プローブ外の機材検出、撮像プローブ内の部品移動の検出が含まれる。

30

【0080】

例えば、図5cと図5dに示す実施形態において、第1中心周波数を有するトランスデューサを用いて複合視野内のより遠い領域を撮像し、第1トランスデューサよりも小さい中心周波数を有する第2トランスデューサを用いて撮像カテーテルにより近い領域における高解像度撮像データを提供することができる。また、この実施形態はオプションで、第1および/または第2撮像トランスデューサから出射された超音波撮像ビームの方向を検出する1以上の角度検出超音波トランスデューサを備えることができる。この角度検出トランスデューサは、共通電気チャネルに接続されている。

【0081】

図5eは、撮像トランスデューサ387が、撮像プローブの長手軸に対して傾斜した角度で第2トランスデューサ397を取り付けることができる形状を含むように整形されたシナリオを示す。遠位撮像部品が回転すると、トランスデューサ387は組織の概ね側面視領域を撮像し、トランスデューサ397は組織の部分的な前方視円錐領域を撮像する。

40

【0082】

図5fは、複数共線撮像ビームが望まれる状況に適した単一チャネル上で駆動される複数超音波トランスデューサの単一構造の構成を示す。図示する実施形態において、トランスデューサ397からの高周波数ビーム392と並行に、低周波数ビーム389がトランスデューサ391から送信される。トランスデューサ397は、対応するエコーを受信する。

【0083】

50

図5 fに示す実施形態は、2次超音波音場(SURF)のために採用することができる。SURF撮像は、同時に送信される2つの固有周波数バンドにおいて音響エネルギーを用いる。1つの周波数バンドのエネルギーは一般に低周波数(中心周波数0.5~10MHz)であり、変調または操作パルスに用いられる。高周波バンドのエネルギーは一般に、低周波バンドの中心周波数よりも約7~10倍高いところに中心がある。高周波エネルギーバンドは、変調または操作パルスとして、異なる変調圧力下の組織を撮像するために用いられる。したがって、図5 fを参照して、超音波トランスデューサ397を用いて高周波撮像ビームを提供し、より大きい超音波トランスデューサ391を用いて撮像ビームに平行かつ実質的に同一線上にあるSURF超音波ビームを生成することができる。この技術は2つの別の電気チャンネルを有する2つの別の超音波トランスデューサを用いて実施しているが、本実施形態を実施して単一電気チャンネルを用いるSURF撮像を実現することができる。

10

【0084】

同じ単一構造上に、単一電気チャンネルによって接続された2以上の撮像トランスデューサを設けることが望ましい。図5 gは、異なる中心周波数によって特徴づけられる3つの超音波トランスデューサを備える構成を示す。この実施形態のアプリケーション例は、SURF撮像である。低周波数操作ビーム389がトランスデューサ391から送信され、撮像する組織を変調するために用いられる。高周波数撮像ビーム392は、トランスデューサ397から変調ビーム389と同一線上の方向に出射される。トランスデューサ379は、反平行であり実施形態によっては同一線上にないビーム381を生成する位置に配置されている。ビーム381の周波数を、撮像ビーム392よりも高いものから選択し、高解像度撮像を提供することができる。周波数セットの適当な例は、変調ビーム389は3MHz、SURF撮像ビーム392は25MHz、高周波撮像ビーム381は60MHzである。

20

【0085】

複数周波数トランスデューサを他の撮像機器と組み合わせることが望ましい。機器の候補としては、ファイバ互換光撮像機器が挙げられる。これは、断層映像法、蛍光撮像、光音響撮像、血管内視鏡、ラマン分光計、その他当該分野において知られている光機器を含む。図5 hは、以下の3要素を有する単一構造の1構成例を示す：(1)第1中心周波数を有する超音波トランスデューサ399、(2)第1中心周波数とは異なる第2中心周波数を有する第2超音波トランスデューサ、両超音波トランスデューサは共通電気チャンネルに接続される、(3)光撮像ビーム385を生成するように構成された光撮像システム383。図示する実施例において、第2超音波トランスデューサ397は、穴と光ビームダイレクタを含み、光撮像ビーム385が実質的に第2超音波撮像ビーム395と同一線上となるようにする。

30

【0086】

図5に示す撮像トランスデューサは平坦トランスデューサとして示しているが、1以上のトランスデューサはビーム集束できるように曲がっていてもよい。多くのアプリケーションにおいて、所望深さにおける方位分解能を改善するため、集束超音波ビームを提供することは有用である。撮像部品に近い関心領域において高周波超音波ビームを集束すること、および撮像部品から遠い関心領域において低周波超音波ビームを集束することが特に望ましい。これにより、複数の深さにおいて方位分解能の高解像度画像を可能にし、被写界深度を効果的に改善することができる。この場合、最高の方位分解能は、撮像プローブの近くで実現される。これは、断面CTO、不安定プラーク検出(vulnerable plaque detection)、中隔横断穿刺(transseptal puncture)などのような撮像手順または画像ガイド手順において望まれるものである。集束トランスデューサを示す実施形態を図5 iに示す。第1低周波トランスデューサ373は曲がっており、深さ375において音響ビーム374を集束する。第2高周波トランスデューサ376は、音響ビーム377を深さ378において集束する。これは深さ375よりも撮像トランスデューサに近い。超音波トランスデューサ上の集束を実現する複

40

50

数の方法がある。これは、音響レンズを用いる方法、機械押圧、曲面整合、P V D F や曲面に整形することができる複合材料などのフレキシブル圧電素子を用いる方法、を含む。

【0087】

上述のように、実施例によっては、励起パルスと検出信号は、共通電気チャネル上の両トランスデューサとの間で個別に送受信され、各トランスデューサからの検出信号は分離または逆多重化されて画像処理および/または角度判定に供される。本実施形態の範囲から外れることなくこれを実現することができる多くの技術が存在する。撮像信号情報と角度検出信号情報の周波数スペクトルを分離する技術を選択することができる。

【0088】

両検出信号を逆多重化する1実施形態を図6に示す。両トランスデューサの中心周波数は、各トランスデューサスペクトル帯域幅396と398との間の重なりが実質的にごく僅かまたは全くないように選択されている。周波数スペクトルの観点においてトランスデューサが適切に離隔されている場合、一方のトランスデューサからの信号は他方からの信号に干渉しない。すなわち、撮像トランスデューサ105と角度検出トランスデューサ100に関する実施形態の観点において、撮像トランスデューサ105に送信される撮像パルスは、角度検出トランスデューサ100からの過大な音響応答を生じさせない。

10

【0089】

超音波におけるスペクトル帯域の共通定義は、超音波トランスデューサによって生成されまたは検出された音響または電気信号の周波数ドメイン表記のピーク振幅を囲む周波数範囲に基づいている。1実施形態において、スペクトル帯域は少なくとも6 dB帯域である。例えば、6 dBスペクトル帯域は通常、ピーク振幅の周波数を囲む周波数範囲を指している。その周波数範囲を交差する信号の振幅は、ピーク振幅6 dBの範囲内である。20 dBと40 dBのスペクトル帯域幅もよく用いられる。

20

【0090】

撮像トランスデューサ105の周波数スペクトル396の例と角度検出トランスデューサ100の周波数スペクトル398の例を、図6においてプロットしている。両トランスデューサの6 dBポイントはx軸を交差している。同様に、角度検出トランスデューサ100に送信される角度検出パルスは、撮像トランスデューサ105からの過大な音響応答を生じさせない。

【0091】

2つのトランスデューサの周波数は、トランスデューサ中心周波数の高調波を回避するように選択することができる。一般に、トランスデューサの中心周波数を互いに整数倍にすることを回避して非線形エコーからの高調波によって生じる混信を回避することは、利点がある。これは特に、マイクロバブル撮像技術を用いる場合において当てはまる。これら技術は、組織と造影剤を分離するに際して高調波に依拠しているからである。高周波トランスデューサは、より大きい絶対帯域幅を有し、これにより増加する高周波数における距離分解能の利点を得るように構成することができる。

30

【0092】

状況によっては、撮像励起パルスは撮像トランスデューサの帯域幅と比較して過大に広い帯域幅を有する場合がある。これにより送信パルスがスペクトル的に両トランスデューサの帯域と重なる可能性がある。これは、アナログまたはデジタルフィルタリング技術を用いて各トランスデューサが受信する励起パルスの有効帯域を分離することにより、緩和することができる。

40

【0093】

1実施形態において、このようなフィルタリング方式は、図7に示す受動素子を用いて実装することができる。フィルタ380は、抵抗部品、誘導部品、および/または容量部品などの電気部品の組み合わせにより生成することができ、これを用いて撮像パルスが角度検出トランスデューサ100を励起することをスペクトル的に抑制する。フィルタ390は、電気部品の組み合わせにより生成することができ、角度検出パルスが撮像トランスデューサ105を励起することをスペクトル的に抑制する。これに代えて、より狭帯域の

50

励起パルスを、撮像、角度検出、またはその双方に用いることもできる。

【0094】

図6に示すように両トランスデューサがスペクトル的に分離されている他実施例において、両トランスデューサのスペクトル帯域幅と重なる広帯域励起パルスまたは波形を提供することができる。あるいは励起波形は、一方のトランスデューサの帯域幅内の第1スペクトル成分と、他方のトランスデューサの帯域幅内の第2スペクトル成分とを含むことができる。

【0095】

検出信号は、スペクトルフィルタリング技術を用いて周波数ドメインにおいて逆多重化され、各トランスデューサから検出した信号を個々に分離する。検出信号のスペクトルフィルタリングは、アナログフィルタリング、デジタルフィルタリング、またはその双方を用いて実装することができる。例えば、単一電気チャネルからの信号は、アナログフィルタを用いて2つの個別の受信チャネルへ分離することができる。これは、画像処理表示システム49内の2つの個別のADコンバータに接続することができる。これに代えて、単一のADコンバータを用いて、デジタルスペクトルフィルタリングを、受信信号のデジタルサンプリングしたものに対して実施することもできる。この場合、デジタル処理ハードウェアまたはソフトウェアを用いて、撮像データと角度検出データを分離する。

10

【0096】

図8は、傾斜可能部材150が撮像トランスデューサ105から入射する放射を反射するように構成されている実施形態を示す。傾斜可能部材150の角度偏向は、time of flight法を用いて検出される。この場合撮像トランスデューサ105は、固定位置に取り付けられ、傾斜可能部材150に向かっている。

20

【0097】

図示するように、別の撮像トランスデューサまたは撮像放射源103を、撮像トランスデューサ105に空けた穴に隣接し、これに取り付け、またはこれを通過するように、取り付けることができる。これについては、米国特許公開第20080177183号に記載されている。例えば、撮像光源/レシーバ103を超音波撮像トランスデューサ105に取り付け、撮像プローブ内で第2撮像機器を提供することができる。反射傾斜可能部材150の前面が反射器153の背面と同一であることは、必ずしも必要ではないことを理解されたい。前面151は、光学的および/または音響的に高反射性であるという制約があり、背面153は拡散音響反射器および/または散乱器であることが望ましい。

30

【0098】

図8aと図8bは、傾斜可能部材150を2つの異なる角度で示す共通実施形態を示す。傾斜可能部材150は、回転軸152へ回転可能に取り付けられている。角度検出トランスデューサ100は、回転軸152に対して固定位置に配置されている。撮像トランスデューサ105は音響ビーム120を送信し、撮像光源103は光ビーム130を送信する。音響ビーム120と光ビーム130ともに、前面151に向かう方向に送信される。角度検出トランスデューサ100は、音響ビーム110を傾斜可能部材150の背面153に向けて送信し、ビームの一部は角度検出トランスデューサ100に向かって反射される。これは入射超音波角度検出ビームの拡散反射によって実現される。

40

【0099】

図8aにおいて、傾斜可能部材150は図8bと比較して、ビーム110の経路に沿って角度検出トランスデューサ100から相対的に離れている。これにより角度検出ビーム110は、図8bにおいて図8aよりも短いtime of flightを有する。傾斜角は、図4を参照して説明したものと同様に計算することができる。タイミング図をそれぞれの角度シナリオについて示す。t=0において高振幅でパルスが送信され、後の時刻において通常は振幅が減少して受信される。図8eは、時間遅延またはtime of flight vs. 撮像角のサンプルプロットを示す。図8cと図8dは、図8aと図8bの角度シナリオそれぞれのタイミング図である。図8aの信号に対応する受信パルス502は、図8bの信号に対応する受信パルス504よりもはるかに大きい時間遅延を

50

有する。

【0100】

図9a～図9eは、超音波撮像トランスデューサ105などの傾斜可能部材の角度変化がtime of flight法を用いて検出される実施形態を示す。この実施形態は、図7と類似しているが、超音波撮像トランスデューサ105が回転軸上に取り付けられておらず、代わりに変形可能部材112上に取り付けられている点異なる。変形可能部材112の変形は、傾斜可能部材の傾斜に対応する。

【0101】

図10a～図10eは、傾斜可能部材101（撮像トランスデューサとして示している）の角度変化が信号強度法を用いて検出される実施形態を示す。この方法は、拡散的に散乱した超音波放射の強度と傾斜角との間の関係に基づいている。図10aに示すように角度検出ビーム110が傾斜可能部材101に対して完全に法線方向であるとき、反射信号は最も強い。図10cと図10dに示すように、傾斜角が法線方向から変化すると、受信信号強度は弱くなる（符号504vs.符号502）。図10eの較正曲線例に示すように、受信信号強度または電圧の減少を用いて、傾斜角を推定することができる。

10

【0102】

図10cと図10dは、図10aと図10bの角度シナリオそれぞれについてのタイミング図である。撮像トランスデューサ101が角度検出ビーム110の法線方向から移動すると、若干異なる深さからの反射に起因して、信号が時間的に広がることを付言しておく。この効果は、図10dに示している。したがって、選択した実施形態において、この相対的時間拡大を用いて、偏向角に関するフィードバックを提供することができる。この実施形態を用いて、強度測定を介して得られる偏向精度を確認および/または改善することができる。

20

【0103】

実施形態によっては、図10に示すような強度減少により、大きな偏向角において、角度検出の感度が阻害される。完全反射器からの受信信号の強度は、角度検出ビーム110の法線から僅かな角度ずれただけでも、非常に高速に低下する。これにより信号を検出することが非常に難しくなり、拡散反射器の性能が向上する。これを克服するアプローチはいくつかある。

【0104】

鏡面反射器と拡散反射器の違いを図11a～図11dに示す。図11aは、角度検出トランスデューサ100から角度検出ビーム110を受信する鏡面反射傾斜可能部材170を示す。ビームは鏡面反射器170で反射され、反射ビーム113は角度検出トランスデューサと合致しない経路の方向に向けられる。その結果、以下の図11cのタイミング図に示すように、パルスは受信されない。

30

【0105】

図11bは、入射ビーム110が拡散反射器によって反射する実施形態を示す。ビーム117の一部は図11aと同様の態様で方向づけることができるが、ビーム115の大部分は散乱し、広範な角度にわたって拡散的に反射する。このビームの一部は入射ビーム110と同一線上にあり、よってtime of flight法を実施することができる（図11dにおいて反射パルスが存在していることが示すように）。

40

【0106】

実質的な鏡面反射器からの信号減少を補助することができるその他の構成は、複数の角度検出トランスデューサを用いることである。この実施形態を図12a～図12dに示す。2つの角度検出トランスデューサ100、126は、回転軸102に取り付けられた傾斜可能部材101に向いている。角度検出トランスデューサ100、126はそれぞれ、音響ビーム110、127を生成する。

【0107】

先の実施形態の3つのトランスデューサは全て、単一電気チャネル（例えば、図1の被験者インターフェースモジュール36に接続されている）によって駆動することができる

50

。同じ周波数範囲内にある場合、角度検出トランスデューサ100、126からの受信信号は重なる。これは、トランスデューサ位置についての事前知識によるか、または傾斜可能部材が傾斜することができる角度範囲を限定することにより、分離することができる。

【0108】

2つの受信パルス間の *time of flight* 差により計算される距離は、この場合における傾斜角情報を提供する。例えば、2つの角度検出トランスデューサ100、126が互いに90°に配置され、1つのビームが長手軸に平行であり、回転軸102および回転軸102の反対側から等距離にあり、平坦面を有する傾斜可能部材101の同じ側にある場合、両トランスデューサからの反射パルスの時間差は、長手軸からの傾斜角が45°のとき最小になる(図12cと図12dに示すように)。傾斜角が45°から離れると、2つのトランスデューサ間の受信信号間の時間は、図12dにおいてそれぞれ角度検出トランスデューサ100、126からの受信パルス510、512で示すように増加する。

10

【0109】

角度検出トランスデューサ100と126は、実質的に重ならないスペクトル帯域幅を有し、これにより個々の検出信号を周波数ドメイン成分に基づき分離できるものを選択することができる。これに代えて、角度検出トランスデューサの1つは、傾斜可能部材101から他の部品よりもさらに遠くに配置し、これにより各角度検出トランスデューサからの時間遅延が他の角度検出トランスデューサによって検出される時間遅延とは異なるようにすることができる。

20

【0110】

これに代えて、傾斜可能部材の傾斜の予定している方向および/または角度を用いて、単一電気チャンネルに沿った検出信号のどの部分が2以上の角度検出トランスデューサのいずれに対応するかを、アルゴリズム的に判定することができる。例えば、撮像プローブ内に収容された回転導管の回転速度に依拠する角度方向を有する可動部材を備えた撮像プローブの実装例において、撮像プローブ44の長手軸に沿った撮像部品50の回転速度が増加すると、より前方視方向へ傾斜可能部材が傾斜することが予想される。したがって、傾斜方向の期待値についての知識を用いて、受信信号内のいずれのピークが角度検出トランスデューサのいずれに対応するかを識別することができる。同様に、撮像部品の瞬間回転速度についての知識は特定範囲の傾斜角とよく対応し、その関係を用いて、受信信号のいずれのピークが角度検出トランスデューサのいずれに対応する可能性が最も高いかを識別することができる。

30

【0111】

図13a~図13eは、角度検出トランスデューサ100が検出する角度範囲を増やしつつ精密角度検出を可能にする実施形態を示す。この実施形態において、傾斜可能部材183の背面(図13に示すように、これも撮像トランスデューサを含むことができる)は、一連の曲面刻み目が整形されている。送信ビーム110が傾斜可能部材183の背面に衝突すると、反射インターフェースのごく一部が入射ビーム110に対して法線方向となり、ビーム181の一部は角度検出トランスデューサ100に向かって反射する。したがって、図4と同様に *time of flight* 法を用いて、角度を分離することができる。図13に示す特定の円柱面パターンは非限定的実施形態に過ぎず、広範な面プロファイルを採用して本実施形態に基づく同様の結果を実現できることが分かる。例えば、軽鎖可能部材183の背面において、ディボットの放物線状断面またはパターンを用いることができる。

40

【0112】

先の実施形態は拡散的な反射面について説明したが、拡散反射は面および/または容積材料特性によって生じることを理解されたい。例えば、金属粒子、セラミックス、二酸化シリコン、グラファイト、ガラス玉、その他当該分野において知られている化合物を材料または面に追加して、拡散反射性をより高めることができる。

【0113】

50

複合材料またはフレキシブルポリマーを用いると、超音波撮像トランスデューサを物理的に整形することができる。このトランスデューサを用いて、音響エネルギーを集束することができる。これに代えて、音響レンズを用いて音響エネルギーを集束することもできる。しかし、この方式を本実施形態に適用して、音響ビームを拡大し、検出可能な角度範囲を増やすことができる。これを図14a~図14dに示す。角度検出トランスデューサ200は、発散ビーム210を生成するように曲げられている。図示するように、ビームの一部は撮像トランスデューサ101に対して広い角度範囲にわたって法線方向となっている。傾斜可能部材が鏡面反射器であっても、ビーム220の法線方向部分はトランスデューサに対して反射され、これを測定して図4のようにtime of flight法により傾斜角を推定することができる。

10

【0114】

検出可能な角度範囲を増やす他実施形態は、角度検出トランスデューサを傾斜可能部材に取り付けることによって実現される。図15a~図15eは、その1実施例を示す。この実施形態において、角度検出トランスデューサ100は、傾斜可能部材101の後ろに取り付けられている。角度検出ビーム110は、固定反射器174に向かって方向づけられる。固定反射器174の一部を曲面(任意の形状)にして、適当な角度依存音響反射プロファイルを提供することができる。非限定的な曲率プロファイルとして、円形、楕円形、または放物線形状が含まれる。

【0115】

1実施形態において、固定反射器174は、撮像トランスデューサ101の広範な傾斜角にわたって角度検出ビーム110からの反射が主に角度検出トランスデューサ110に向かって逆反射するように整形することができる。図15cと図15dに示すように、time of flight方式と強度方式の一方または双方を用いて、傾斜可能部材101の方向の変化を推測することができる。

20

【0116】

図15eは、固定逆反射音響反射器を設計する1方法を示す。角度検出トランスデューサ100は、傾斜軸600によって示すように、前方視位置に模擬されている。角度検出トランスデューサ100と反射面との間の所望距離608が選択され、トランスデューサ100の法線上でトランスデューサ100から距離608離れてデータポイントが生成される。角度検出トランスデューサは、回転軸102回りで角度616だけ傾斜し、角度検出トランスデューサと反射面との間の所望距離610は、距離608から選択した量だけ異なるように選択される。この量は例えば、所望角度分解能を得ることができる量である。データポイントは、上記のように生成される。角度検出トランスデューサが側面視となるように傾斜するまで、このプロセスを繰り返す。連続面601は、既知の曲線フィッティング技術を用いて、上記のように生成したデータポイントを補間することによって規定される。フィッティング可能な適当な曲線の例は、当該分野における既知のフィッティング技術を用いる、楕円、放物線、双曲線、指数曲線、ルーレット、または多項式である。フィッティングの例としては、最小二乗法または全最小二乗法が含まれるが、これに限られるものではない。

30

【0117】

曲面を定義して製造すると、様々な不確実性のなかでも特に、機械加工公差と部品不整合に関して不完全な部分が生じる場合がある。これを緩和するため、角度検出部品の較正を用いてこの不完全部分を克服することができる。

40

【0118】

他実施形態において、面601は、角度検出超音波トランスデューサ100が出射した角度検出ビームが所与の回転角範囲にわたって実質的に逆反射し、面601と角度検出トランスデューサ100との間の距離が同回転角範囲にわたって単調変化し、回転角に対する相対距離の変化の率(少なくとも部分的に装置の分解能を定める)が同回転角範囲にわたって最小値を超えるように、規定される。1実施形態において、面601は、回転角に対する相対距離の変化の率が同回転角範囲にわたって実質的に一定となるように構成され

50

、これにより装置の感度が同回転角範囲にわたって実質的に回転角に依拠しないようになっている。

【0119】

上述のように、実施形態によっては、検出ビームの角度は傾斜可能部材の反射面に対して略法線方向となるように制約され、これにより逆反射が生じる。これにより、角度検出ビームが傾斜可能部材に対して法線方向ではない角度において、反射を補償する必要がなくなり、一般に検出ビームの強度は強くなる。このアプローチを利用した実施形態を図16と図17に示す。図16a～dは、連結機構176を介して第1傾斜可能部材101と機械的にリンクまたは連結している第2傾斜可能部材114上に角度検出トランスデューサ100が取り付けられている実施形態を示す。第2傾斜可能部材114は、必ずしも音響アクティブ（および音響パッシブ）である必要はなく、軸104回りで回転できる必要はない。

10

【0120】

両部材は、自身の回転軸回りで回転することができ、機械的に連結されているので、連動して傾斜する。両傾斜可能部材は、動作中に実質的に等しい角度で傾斜するように、機械的に連結されている。いくつかの技術を用いて、傾斜可能部材の動きを連結することができる。この技術には、ロッド、梁、磁石、電磁デバイスが含まれるが、これに限られるものではない。図16と図17に示す実施形態は、システムに別の傾斜可能部材を追加する利点を有することにより、第1傾斜可能部材の慣性その他のデザイン制約を受けない。この制約とは例えば、音響性能を最適化した超音波トランスデューサとしてのものである。

20

【0121】

上記方式は、第1傾斜可能部材が超音波トランスデューサを備えるが外部回転駆動力に対して適当な特性を有していない場合において、有用である。外部回転を通じた駆動力に対して設計された特性を有する第2傾斜可能部材114を組み込み、両傾斜可能部材をリンクすることにより、第2傾斜可能部材114の動作に基づき第1傾斜可能部材101を駆動することができる。例えば図4fと図4gに示すように、超音波トランスデューサは高さ方向と比較して、範囲方向において同様のまたはより大きなサイズを有する。これは主に、超音波トランスデューサが所望撮像方向以外の方向において信号を減衰させる必要があることによる。この形状構成のボディは、図4fと図4gに示すように外部回転を通じて駆動するのには理想的なものではない。

30

【0122】

図4fは、高さ方向と比較して範囲方向において同様のサイズを有するボディ134を示す。このボディは、方向63の回転において点137回りで回転する。ボディを2つの部品に分解し、一方は長手軸131の上、他方は下、部品の質量中心はそれぞれ長手軸131の上136と下133に示している。求心力ベクトルは、それぞれ135と132で示している。

【0123】

範囲方向におけるサイズが高さ方向におけるサイズよりも遥かに小さい、図4gに示すボディを参照すると、同様にボディは点121回りで方向63に回転する。ボディを2つの部品に分解し、一方は長手軸122上、他方は下、部品の質量中心は長手軸122の上124と下128にそれぞれ示している。求心力ベクトルは、それぞれ129と123で示している。結果、図4gにおける回転可能に取り付けられたボディ125は、ボディ134が点137回りで生じさせる求心力よりも遥かに強い、点121の回りで傾斜を生じさせる求心力の相対成分を有する。

40

【0124】

この機械的結合により、角度検出ビーム110は撮像トランスデューサ101に対する法線方向を維持することができる。偏向可能部材が偏向を補助するために採用することができる。他の技術には、水中翼形状または人口筋肉駆動を用いることが含まれる。

【0125】

50

time of flight技術を用いて、図4に示すものと同様に撮像角を推定することができる。これに代えてまたは追加して、図10cと図10dに示すように、強度測定法を用いることができる。

【0126】

図16eは、測定距離400に基づき傾斜角を計算するために用いることができるパラメータを示す。音響パッシブディスク114と撮像トランスデューサ101との間の距離401が一定かつ既知であり、角度検出トランスデューサ100と撮像トランスデューサ101との間の距離が信号time of flightと媒体内音速についての知識によって定まる場合、角度は三角法数式 $= \arccos(\text{測定距離}400 / \text{既知距離}401)$ で求めることができる。

【0127】

図17a~図17dに示す同様の実施形態において、角度検出トランスデューサ100を傾斜可能部材101上に取り付け、音響パッシブ傾斜可能部材114に対して法線方向を維持することができる。図5aに示すものと同様の単一構造は、図17aの傾斜可能部材101として用いるのに適している。

【0128】

図18aは、図15と図17に示す形状を組み合わせた実施形態を示す。固定曲面反射器174を採用して、角度検出トランスデューサ100を用いて検出可能な角度範囲を増やすことができる。これは、撮像トランスデューサ101と音響透過傾斜可能部材114を十分に空間分離し、傾斜角(動作中に許容された範囲内)によらず互いに接触しないようにしつつ、音響透過第2傾斜可能部材114を用いて超音波トランスデューサ101の所望動作を機械的カブラ176により補助できるようにすることによって実現される。

【0129】

図18bは、図18aのハッチング線で切断した実施例の断面図を示す。固定曲面反射器174内のノッチ177は、機械的カブラ176が固定反射器174を阻害することなく通過できるように生成されている。例えば機械的カブラ176は、ヒンジその他の機構により傾斜可能部材114と101に接続されたバーまたはロッドを備えることができる。この機構は例えば、機械的カブラ176と各傾斜可能部材との間の回転ポイントまたは変形ジョイントを生じさせる機構である。

【0130】

図18c~iは、傾斜角を検出するその他の装置を示す。角度検出トランスデューサ100は、傾斜可能部材101に取り付けることに代えて、支持構造175のノッチ177内部に取り付けられている。図18cと図18eは、2つの異なる傾斜角におけるセットアップ状態を示す。図18cと図18eのハッチング線における断面図を、図18dと図18fにそれぞれ示す。図18gと図18hは、図18dと図18fそれぞれのタイミング図を示す。図18dにおいて、機械的カップリングバー176は、ノッチ177の上面近傍にあり、これにより図18gにおける受信信号は長い遅延を生じ、図18fにおいてはノッチ内の遥かに下方にあり、角度検出トランスデューサにより近くなって受信信号の時間遅延は短くなる。図18iは、偏向角vs時間遅延を推定するプロットを示す。これに代えて角度検出トランスデューサ100は、機械的カップリングバー176上に取り付け、ノッチ177の底を向くことができる。

【0131】

図18c~iは、第2トランスデューサ100を用いて撮像プローブ内の部品の位置を検出する方法を示す。位置情報を用いて傾斜可能部材の傾斜角を推測することができるが、他の超音波トランスデューサと共通単一チャネルを共有する第2トランスデューサを用いて、撮像プローブ内の可動部材の位置についてより一般的に情報を収集することができることは、明らかである。

【0132】

図18は、別の超音波トランスデューサを用いて可動部材の位置変化を検出する1実施例を提供しているが、この実施形態を多数のアプリケーションにおいて採用して超音波プ

10

20

30

40

50

ローブ内の部品の動きを検出できることを理解されたい。部品の動きを検出できる他の例は、プルバック動作中の被覆内の形状、格納式被覆、バブルの存在、カテーテル内の液体密度の変化、またはブロッケンブラフ針などの治療機器を含む。

【0133】

したがって、本明細書における実施形態の範囲は、1以上の別の超音波トランスデューサを用いて可動部材の角度方向または角度方向の変化が判定される実施形態に限定されるものではなく、1以上の別の超音波トランスデューサを用いて可動部品の位置または位置変化が検出される実施形態を包含し、位置または位置変化が角度方向または角度方向の変化に関連するか否かとは関係ないことを理解されたい。

【0134】

図19は、図17に示す実施形態を用いた単一パルスエコー超音波撮像シーケンスについての時間ドメイン撮像および角度検出シーケンスの例を示す。図19aにおいて、図19bに示すタイミング図に示すように、撮像トランスデューサ101は低周波パルスで励起される。パルスは音響ビーム120を生成し、これは経路上の物体106に到達するまで伝搬する。ビームの一部は反射し、タイミング図の"受信"部分に示す結果のように、撮像トランスデューサによって検出される。次に、残ビームは他の物体108と衝突し、再びビームの一部は反射し、撮像トランスデューサによって検出され同様に受信信号としてタイミング図の"受信"部分に沿って表れる。

【0135】

撮像データが受信された後、高周波角度検出パルスが同じチャンネルで送信され、角度検出トランスデューサ100から音響ビーム110を生成する。このビームは音響パッシブ部材114で反射され、トランスデューサに戻される。高周波パルス生成に続いて、傾斜角はビーム110のtime of flightを用いて判定される。

【0136】

上述のように、この実施形態はオプションで、1以上のフィルタを用いて所望周波数成分を選択することにより補助することができる。例えばローパスフィルタを用いて、撮像パルス550の送信に続く低周波撮像トランスデューサ101からの低周波数信号を強調し、ハイパスフィルタを用いて、角度検出パルス500の送信に続く高周波角度検出トランスデューサ100からの高周波信号を強調することができる。これらフィルタは、撮像プローブ内に配置するか、またはオプションで撮像プローブ外に配置することができる。例えば制御処理部34内または被験者インターフェースモジュール36内である。

【0137】

図19c~eは、両トランスデューサが、撮像トランスデューサ101と角度検出トランスデューサ100双方の帯域幅をカバーする広帯域パルスで励起される実施形態を示す。両トランスデューサからの受信信号を逆多重化して、撮像信号データと角度検出データを個別に処理する。この逆多重化は、多くの実施形態の1つに基づき実現される。

【0138】

図19dに示すような1実施形態において、a)角度検出トランスデューサ100と第2偏向可能部材114との間の距離、およびb)撮像トランスデューサ101と音響撮像ターゲット106および108との間の距離は大きく異なるという事実を利用して、時間ドメイン法を採用する。角度検出トランスデューサ100と第2偏向可能部材114との間の距離は、撮像トランスデューサ101と音響撮像ターゲット106および108との間の距離よりも非常に小さい。この構成において、送信パルス560が送信されたすぐ後の受信信号558は、角度検出トランスデューサ100の結果とみなすことができ、時間遅延後の受信信号554、556は撮像トランスデューサ101の結果とみなすことができる。したがって、この実施形態において、垂直ハッチング線562の前に受信した全パルスは角度検出パルスであるとみなされ、その後受信したパルスは撮像パルスであるとみなされる。

【0139】

信号を逆多重化する第2実施形態は、スペクトルフィルタリングするかまたはネット信

10

20

30

40

50

号内に含まれるスペクトル成分を分離することにより、図19cに示す実施形態を用いて、実現することができる。上述のように図19dにそのタイミング図を示す。トランスデューサの帯域幅は十分に分離されており既知であるので、角度検出トランスデューサ100の帯域幅内で立ち下がる信号は、角度検出トランスデューサ100からのものとみなすことができ、撮像トランスデューサの帯域幅内で立ち下がる信号は、撮像トランスデューサからのものとみなすことができる。

【0140】

このスペクトル分離は、図19eのスペクトルプロットに示している。垂直ハッチング線564は、撮像データと角度検出データとの間の分離点を示すために用いられている。この線は、2つのトランスデューサの中心周波数の中点である。ハッチング線によって表す周波数よりも低い全スペクトル成分は、撮像信号568の成分であるとみなされ、ハッチング線によって表される周波数よりも高い全スペクトル成分は、角度検出信号の成分であるとみなされる。また、単一線以外のものにより分離を規定することもできる。例えば、-6dB、-20dB、-40dB帯域幅は、角度検出と撮像との間のデータを分離する点として用いることができる。さらに、図19c~eで説明したtime of flight逆多重化技術とスペクトル逆多重化技術を組み合わせることができる。

10

【0141】

2つの信号の十分なスペクトル分離を得ることができる多くの方法があることを理解されたい。上述のように、フィルタリング技術を用いて、各トランスデューサから受信したスペクトル信号を分離することができる。他実施形態において、各トランスデューサに対応するスペクトルウィンドウは、分離条件に基づき判定することができる。例えば、低周波数トランスデューサについてのスペクトルウィンドウの上端は、高周波トランスデューサのスペクトル応答が所望値（例えば20dB）以下に下がる点に対応するものとして選択することができる。

20

【0142】

実施形態によっては、超音波トランスデューサを異なる時点において異なる繰り返し周波数で励起することが望ましい。この1例は、トランスデューサの1つが角度検出のために構成されている場合である。このシナリオにおいて、角度変化は非常に小さい場合があり、これにより撮像のために必要なパルス繰り返しレートにおいて角度検出を実施する必要がなくなる。例えば、複数撮像ベクトルを取得するのに必要な時間にわたって角度が相対的に一定を維持すると予期される場合である。パルスシーケンスは、図19fに示すように、撮像パルス550が角度検出パルス500よりもはるかに多く送信され取得されるように規定することができる。

30

【0143】

同様に状況によっては、エコーがある超音波トランスデューサから戻る時間が他の超音波トランスデューサから戻る時間よりも長いことを許容することが望ましい。この1例は、1つのトランスデューサが角度検出のために構成されている場合である。このシナリオにおいて、角度検出のために構成されたトランスデューサは、撮像のために構成されたトランスデューサよりも周波数が高い場合がある。さらに角度検出は、角度検出トランスデューサに対して空間的に非常に近い位置からのエコーを用いて実施される。これは、角度検出に関連するエコーを確実にキャプチャするため、相対的に小さい取得時間を必要とする。

40

【0144】

このシナリオを図19gに示す。撮像パルス550が送信され、相対的に長い時間420が、撮像パルス550に関連するエコーを待機するために求められる。反対に、相対的に短い時間422が、角度検出パルス500に関連するエコーを待機するために求められる。

【0145】

実施形態によっては、撮像パルス間の時間間隔は、可変に構成することができる。例えば、モータエンコーダが撮像パルスのためのトリガとして用いられる状況において、撮像

50

パルス繰り返し周波数は、モータが低速回転しているときよりも速く回転していれば、より高くなる。したがって、角度検出についてのパルス繰り返し周波数は、可変かつ撮像のパルス繰り返し周波数によって判定できるように選択することができる。

【0146】

図4、図8～図19は撮像部品50内に収容される実施形態を表しているが、撮像部品の他部品は簡易のため示していないことを理解されたい。

【0147】

図20は、検出高周波(RF)信号に基づき超音波角度検出ビームが伝搬する相対距離を計算する3つの異なる技術を示す。図20aに示す最初の方法は、各パルスについてRF信号のピーク値を計算するステップを含む。図示するように、受信電子パルスはパルス包絡線とキャリア波の発振を含む。第1パルス402は、第2パルス404と比較して早く到着することを示している。これは、角度検出トランスデューサ100が第2パルス404(例えば図4aに示すもの)よりも第1パルス402(例えば図4bに示すもの)をとまなう傾斜可能部材101に近いことを示している。第1信号からのピークRF値406と第2信号からのピークRF値408との間の差414を用いて、2点間の距離を推定することができる。これを用いて傾斜角を推測することができる。

10

【0148】

しかし、キャリア波内のRF信号は、サブ分解能散乱のわずかな変化によって大きく変動し得る。そのためRFピーク検出法は、位置のわずかな変化を測定するとき、不正確性をもたらす可能性がある。例えば、新たなピークが現れると、角度検出トランスデューサと撮像トランスデューサとの間の距離について大きな測定エラーが生じる。

20

【0149】

その他のアプローチは、最初に信号の包絡線(RF信号402の包絡線407とRF信号404の包絡線409)を計算し、包絡線ピーク間(包絡線407と409それぞれのピーク410と411)の差416を用いて距離を推定することである。RFピーク法を用いることについて上述した変動の問題は、この技術で除去される。

【0150】

他の例においては、2つの信号間の相互相関を用いて、後続の受信RFパルス間の距離を推定する。1つの実施例を図20bに示す。第1RFパルス402と第2RFパルス404との間の相互相関を413に示す。相互相関のピークは412で検出されている。時刻0とピーク値との間の時間418を用いて、2つの傾斜間の伝搬距離を計算し、角度シフトを計算することができる。

30

【0151】

一般に相互相関は、所与のパルスとその他の記録したパルスとの間で実施することができる。例えば異なる傾斜角において取得した先行記録パルスである。これに代えて相互相関は、所与のパルスと撮像プローブの較正時において記録し撮像プローブ44に関連するEEPROMその他のメモリ機構から取得したパルスとの間で実施することができる。これに代えて相互相関は、所与のパルスと撮像プローブ44の特定デザインにおける標準パルスとの間で実施することができる。この場合、角度検出トランスデューサによって生成されたパルスは、同一のデザインで製造された撮像プローブ間で適切に再生成できるものと仮定する。

40

【0152】

以上の角度検出実施形態において、異常値を検出しこれを除去して、角度検出性能を改善することができる。適用可能な異常値除去技術は、統計技術と投票法である。図21は、図18aに示す実施形態に対応する角度検出方式を用いた実験測定結果を示す。2つの傾斜可能ディスク形状部材間の距離を、図20bの相互相関法を用いて計算した。傾斜可能部材は、マイクロステージを用いて傾斜させた。連続的に前進するロッドを1つの傾斜可能部材の表面に取り付け、2つの傾斜可能部材を連動して傾斜させた。ロッドの位置(ミクロン単位)をx軸に示す。1つの傾斜可能部材上の角度検出トランスデューサによって測定した2つの傾斜可能部材間の規格化距離を、図17のようにy軸(ミクロン単位)

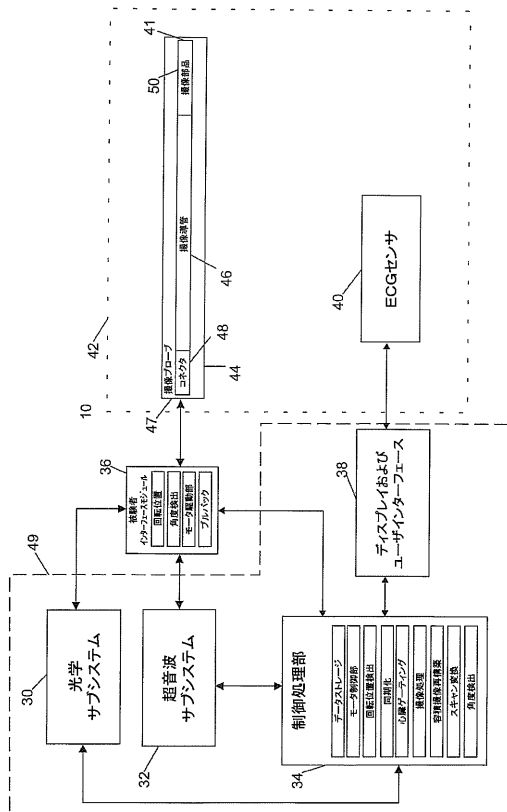
50

に示す。任意軸をともなう傾斜可能部材間の傾斜角は、2つの部材間の測定距離に基づき各時点において計算することができる。立体モデルに基づきこの角度を期待角度と比較した。

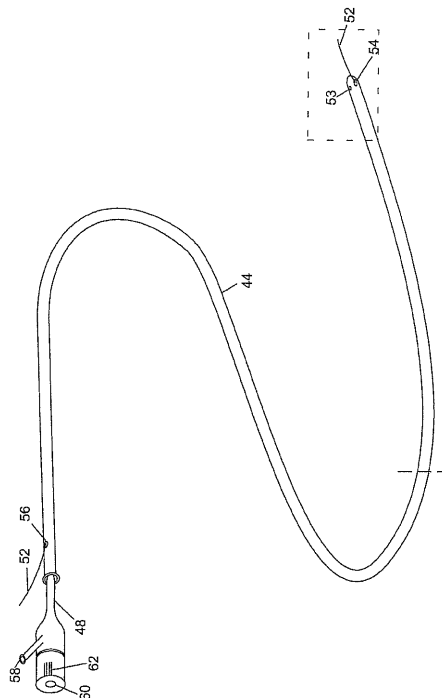
【0153】

上述の特定の実施形態を例示として示した。これら実施形態は、様々な変形と代替形態が可能であることを理解されたい。さらに、特許請求の範囲は開示した特定形態に限定することを意図するものではなく、むしろ本開示の要旨および範囲内の全ての変形、等価物、代替物をカバーすることを理解されたい。

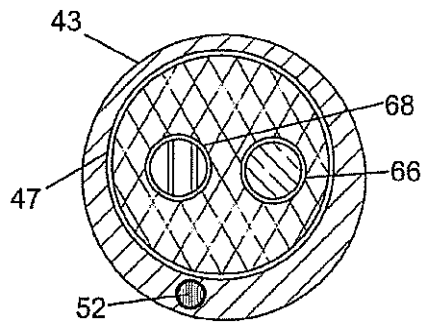
【図1】



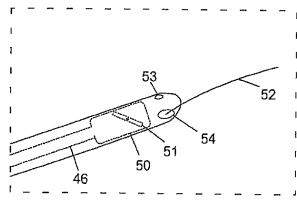
【図2】



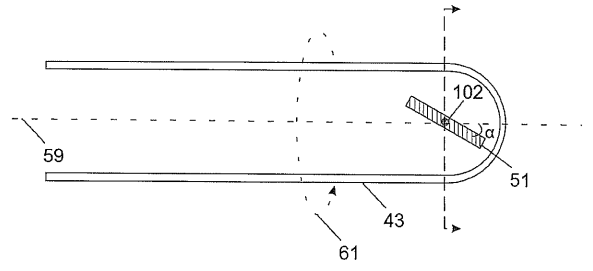
【図 2 a】



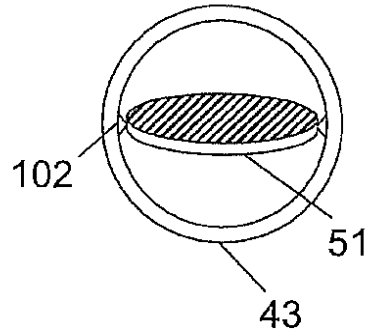
【図 2 b】



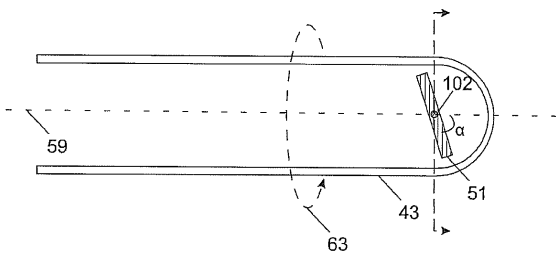
【図 3 a】



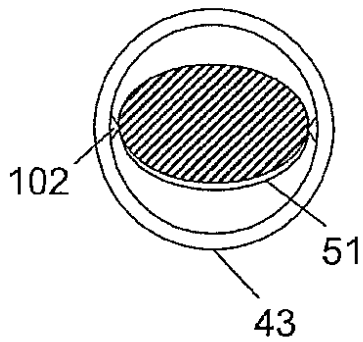
【図 3 b】



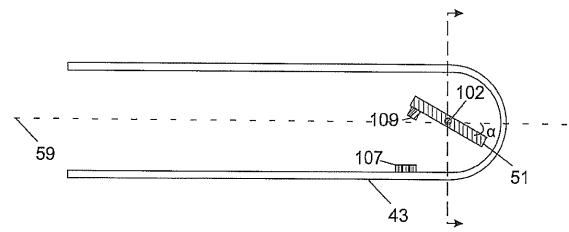
【図 3 c】



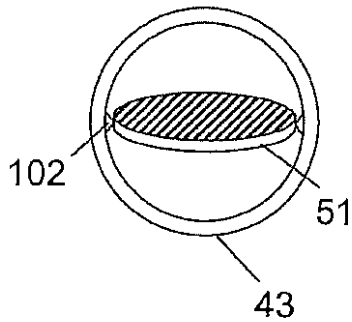
【図 3 d】



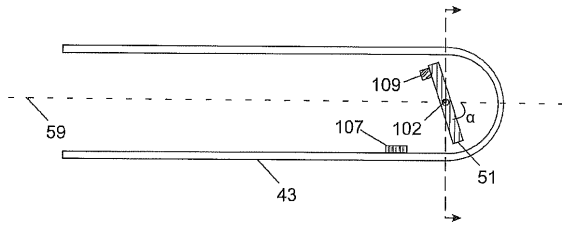
【図 3 e】



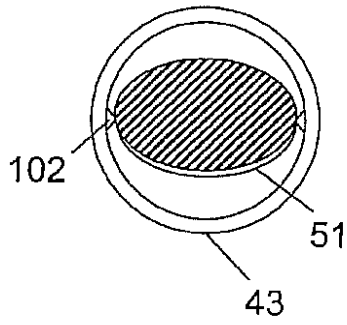
【図 3 f】



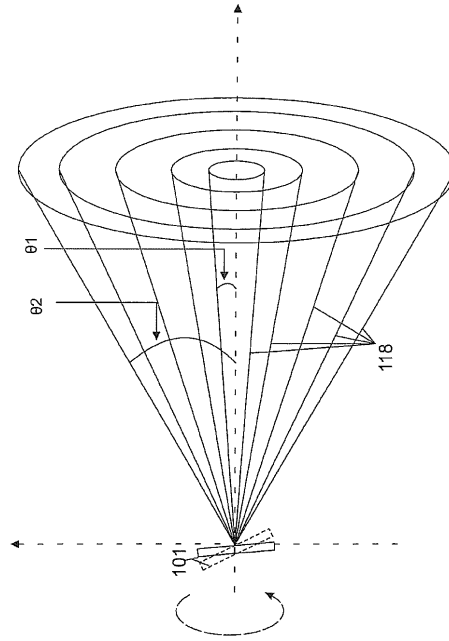
【図 3 g】



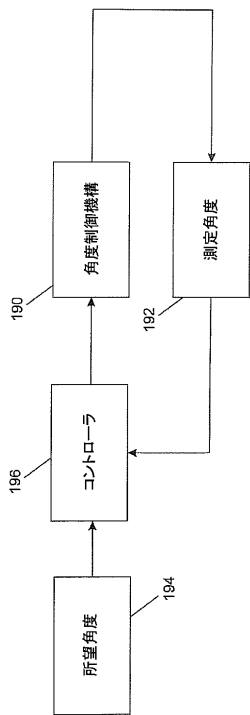
【図 3 h】



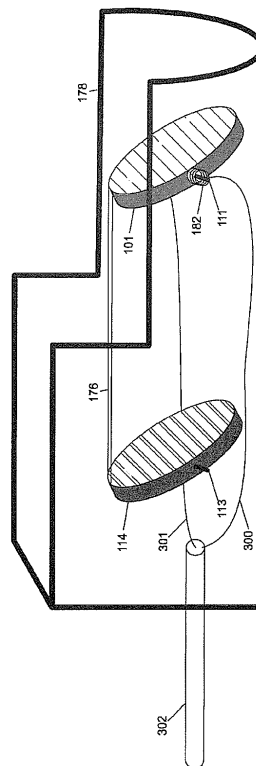
【図 3 i】



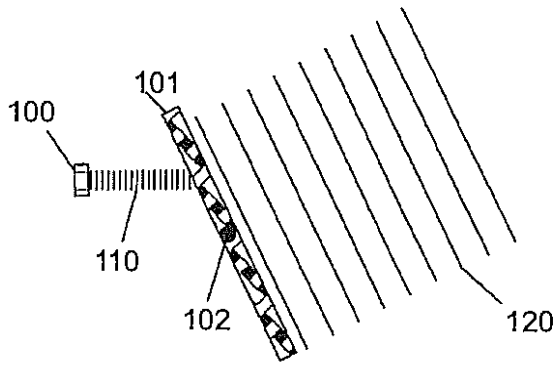
【図 3 j】



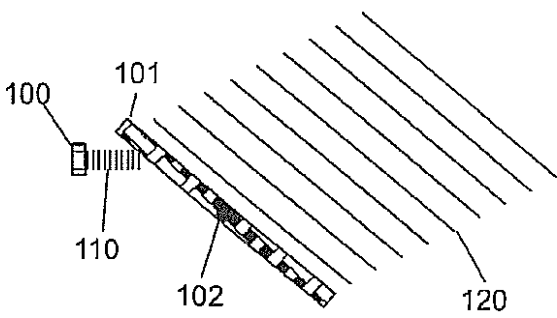
【図 3 k】



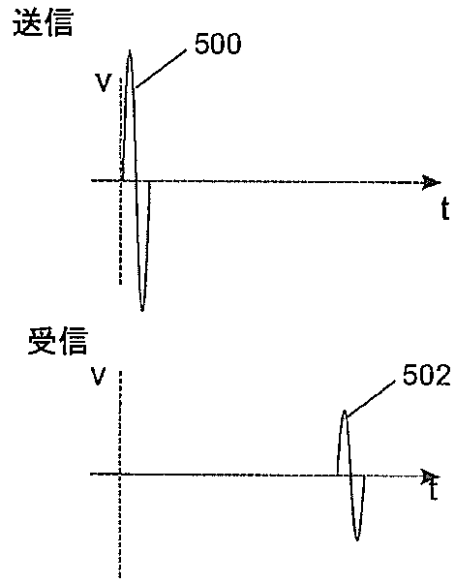
【図 4 a】



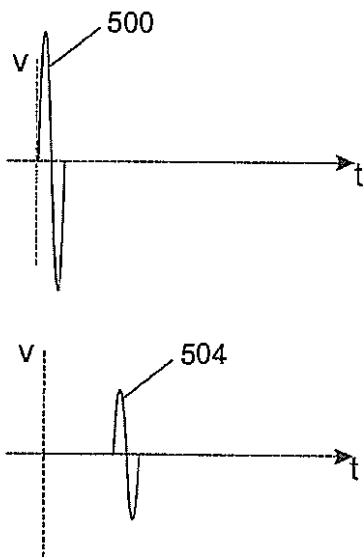
【図 4 b】



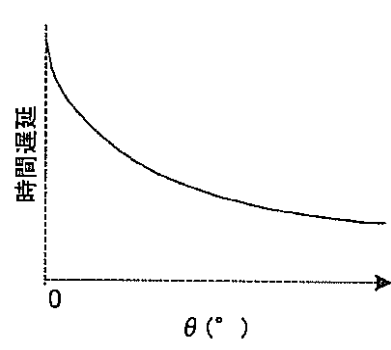
【図 4 c】



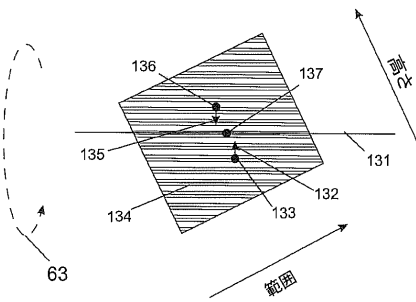
【図 4 d】



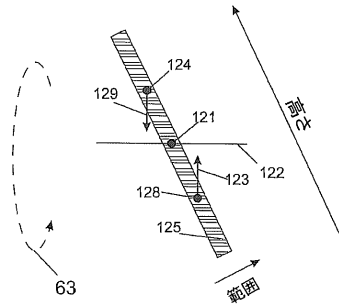
【図 4 e】



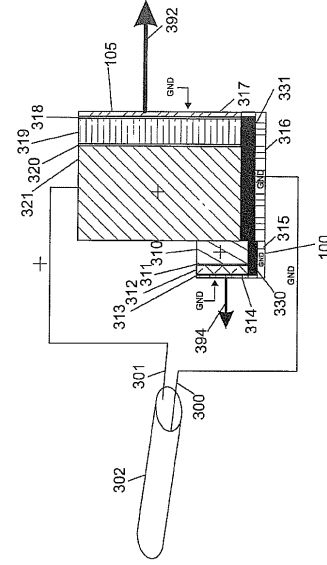
【図 4 f】



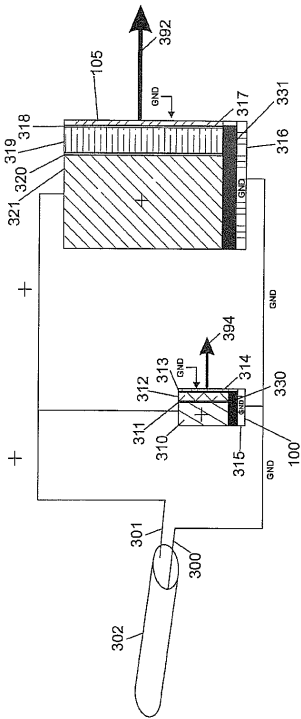
【 図 4 g 】



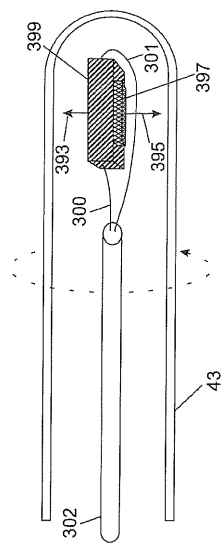
【 図 5 a 】



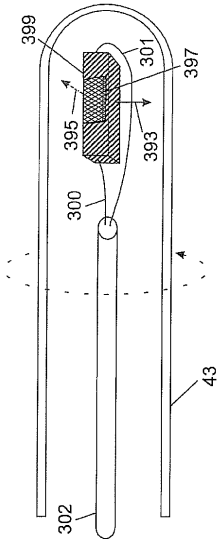
【 図 5 b 】



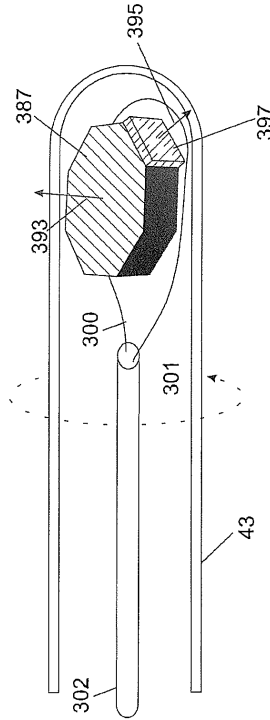
【 図 5 c 】



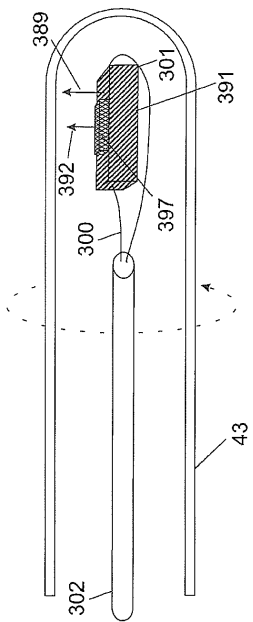
【図 5 d】



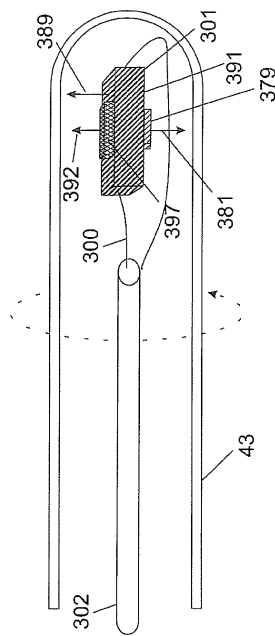
【図 5 e】



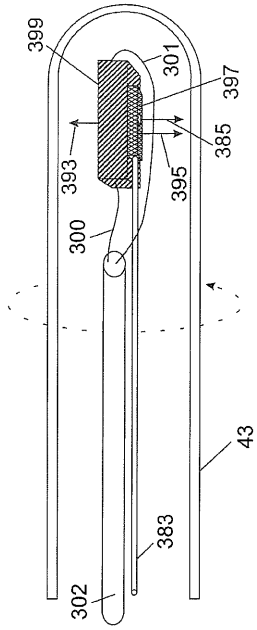
【図 5 f】



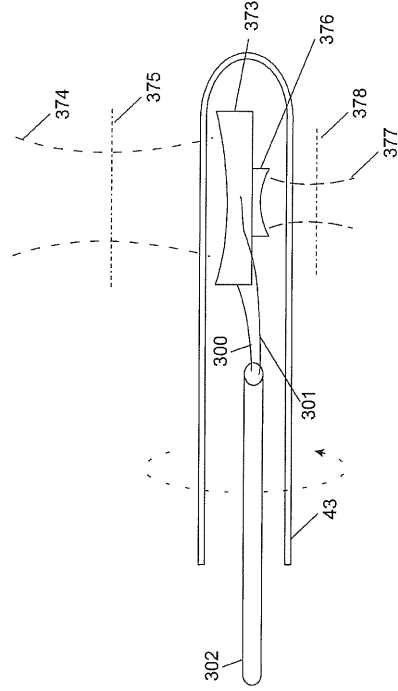
【図 5 g】



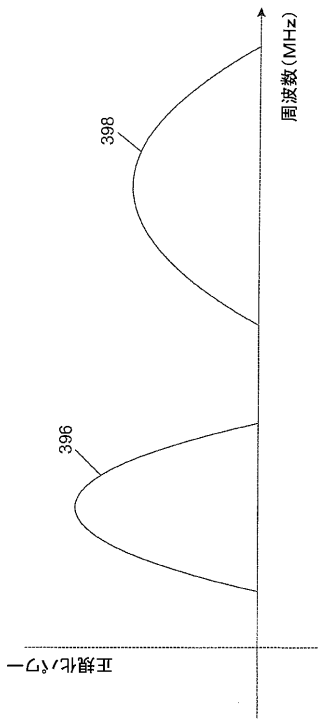
【図 5 h】



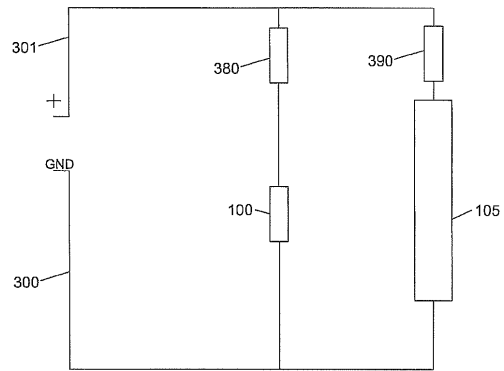
【図 5 i】



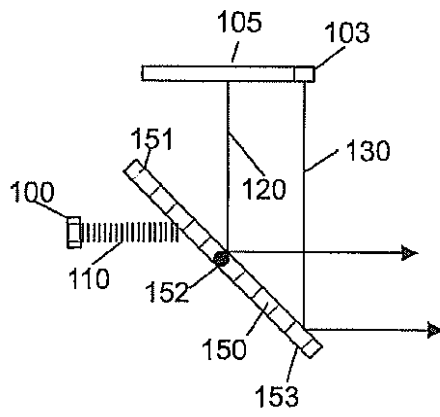
【図 6】



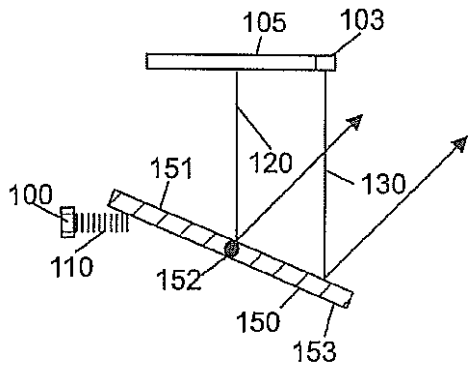
【図 7】



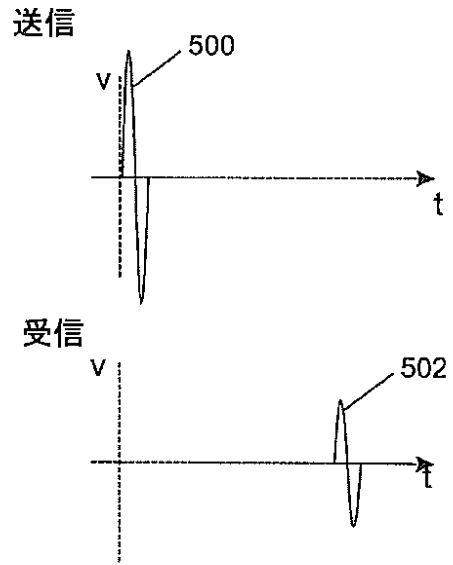
【図 8 a】



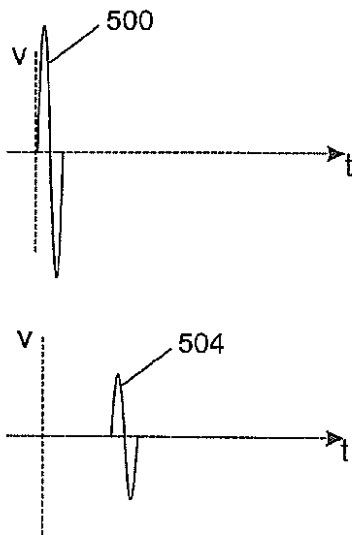
【図 8 b】



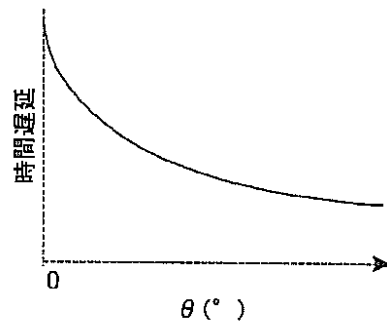
【図 8 c】



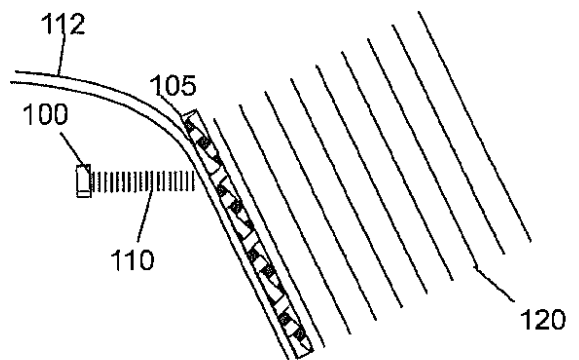
【図 8 d】



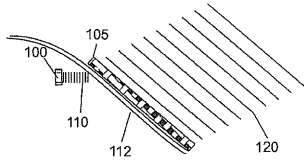
【図 8 e】



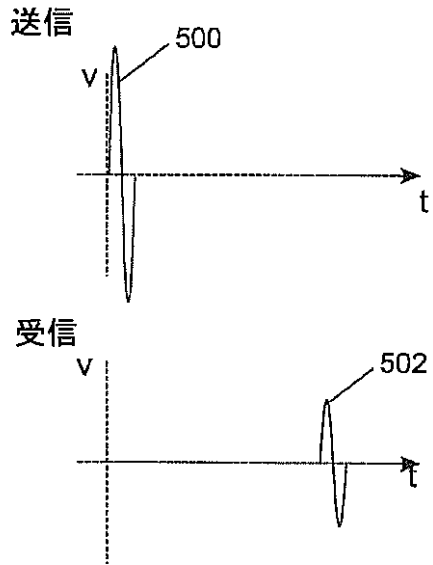
【図 9 a】



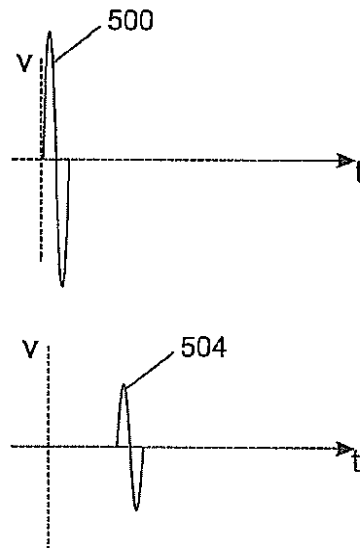
【図 9 b】



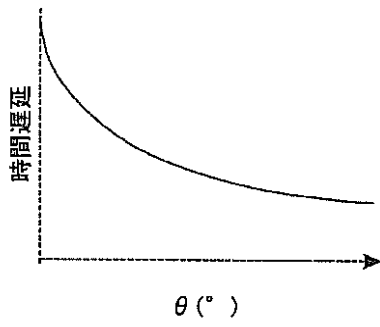
【図 9 c】



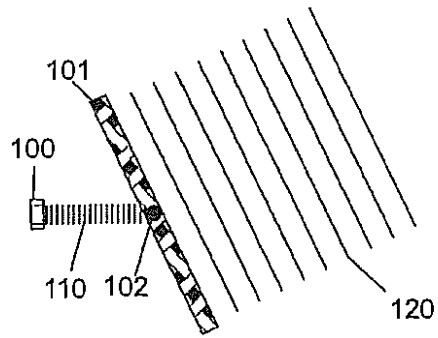
【図 9 d】



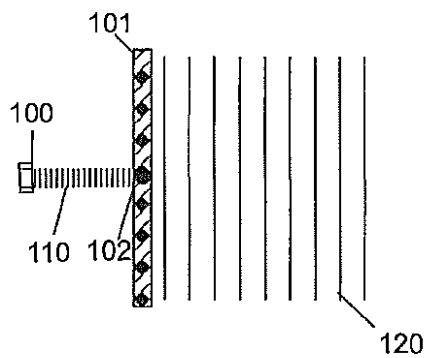
【図 9 e】



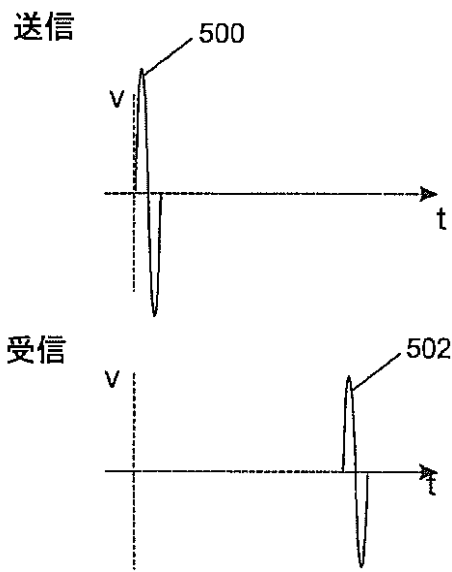
【図 10 b】



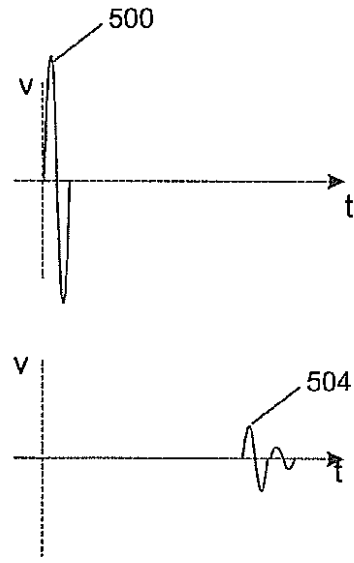
【図 10 a】



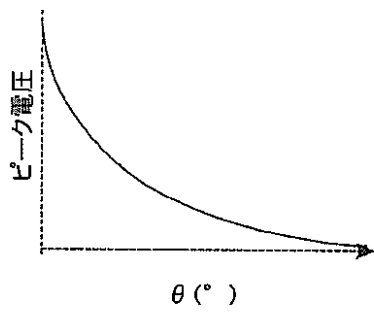
【図10c】



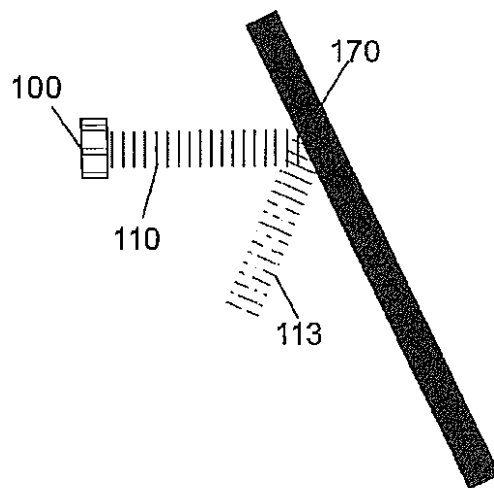
【図10d】



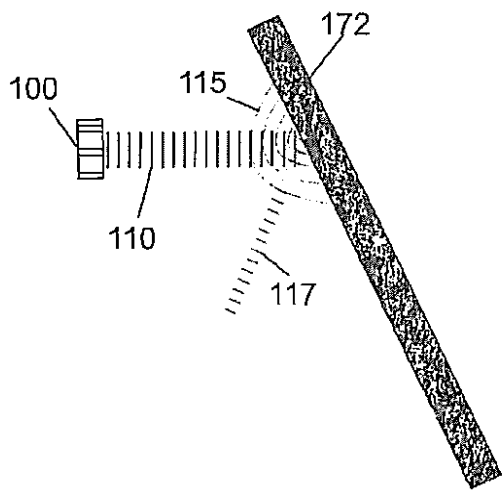
【図10e】



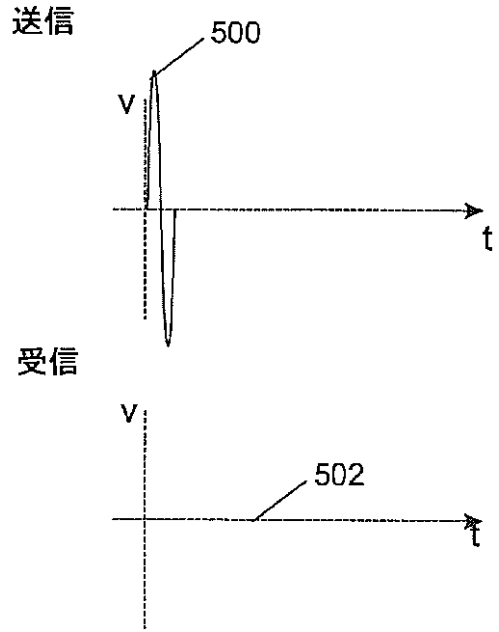
【図11a】



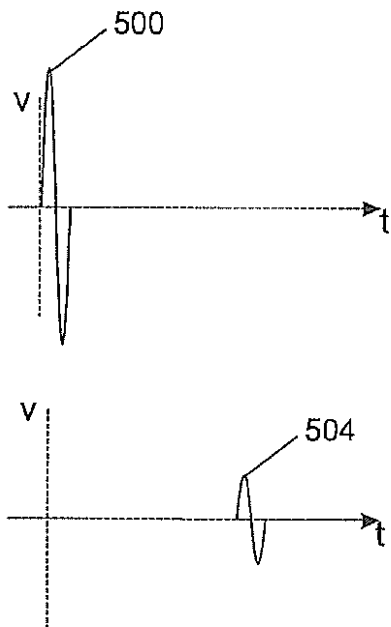
【図 1 1 b】



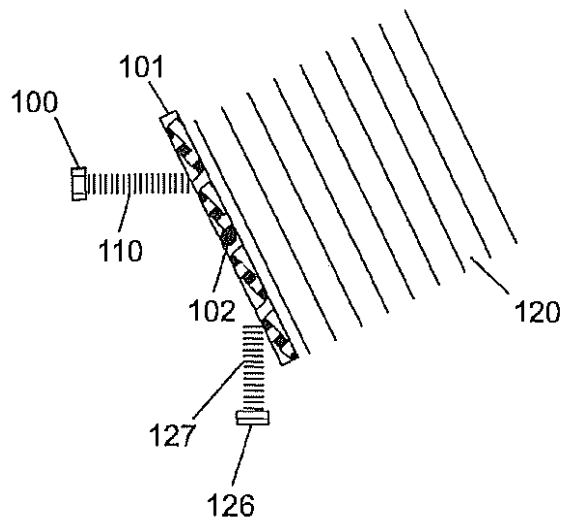
【図 1 1 c】



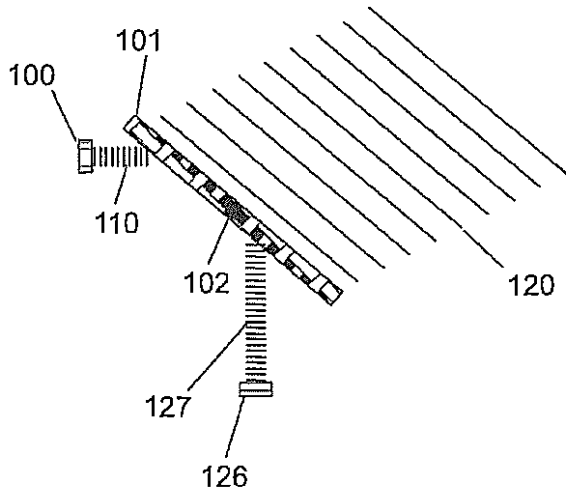
【図 1 1 d】



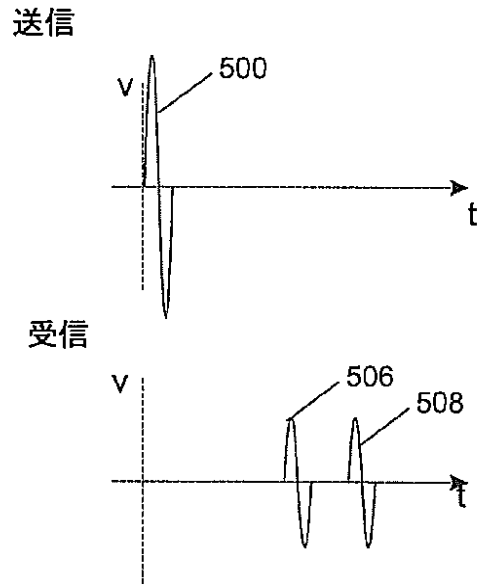
【図 1 2 a】



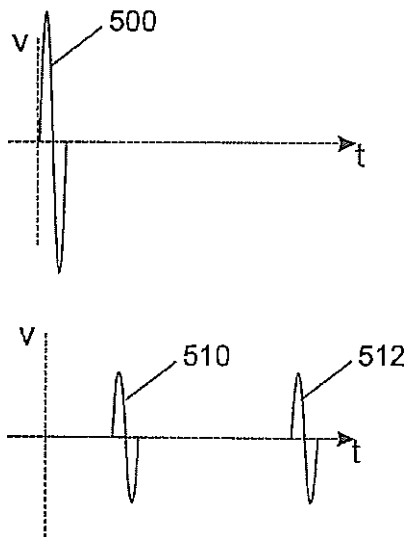
【図 1 2 b】



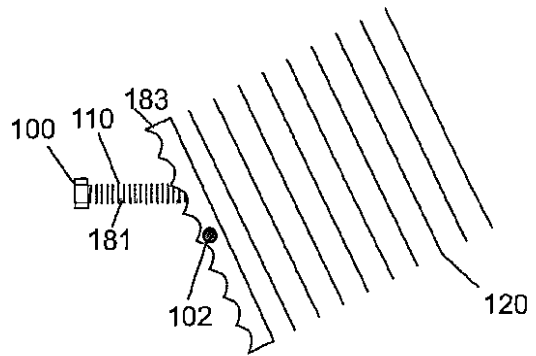
【図 1 2 c】



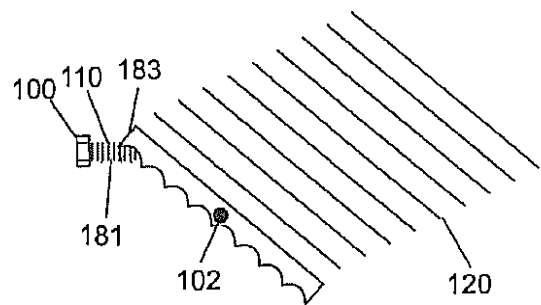
【図 1 2 d】



【図 1 3 a】

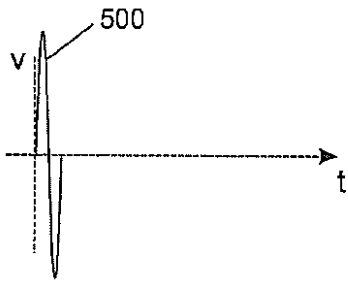


【図 1 3 b】

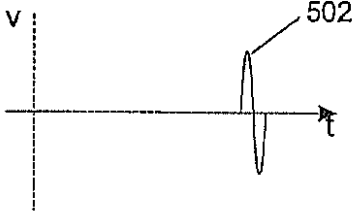


【图 1 3 c】

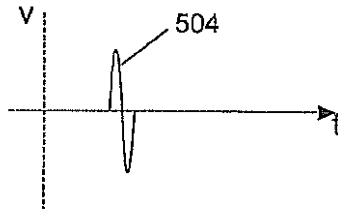
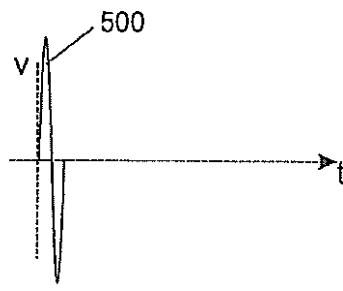
送信



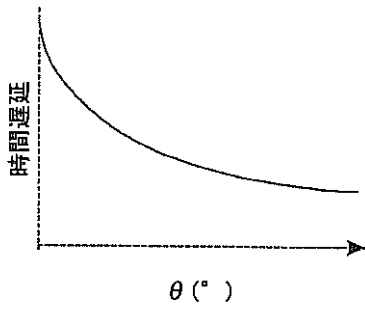
受信



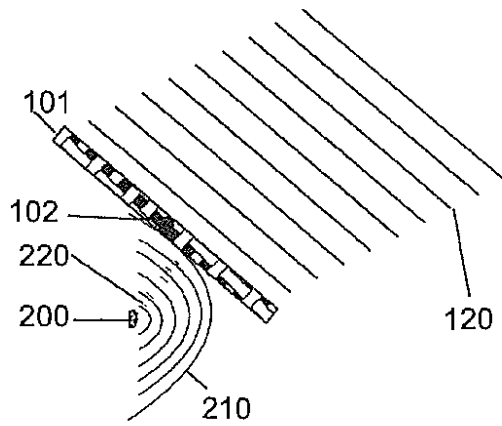
【图 1 3 d】



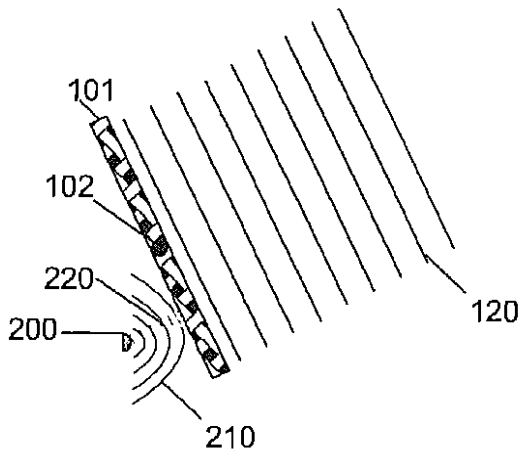
【图 1 3 e】



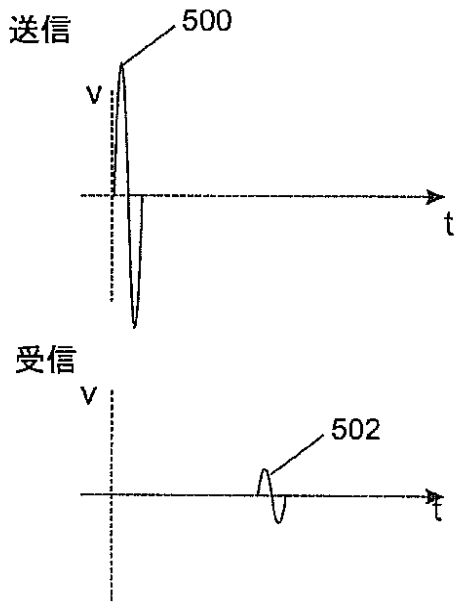
【图 1 4 b】



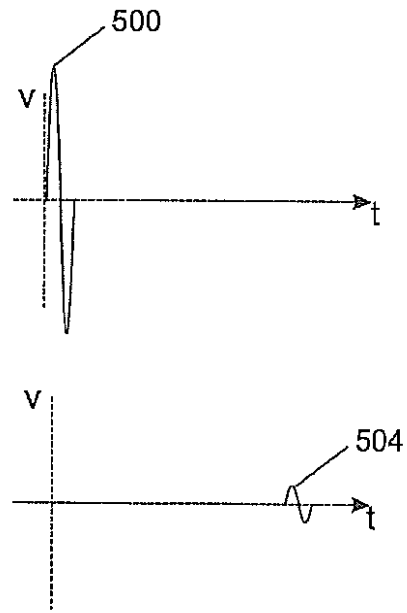
【图 1 4 a】



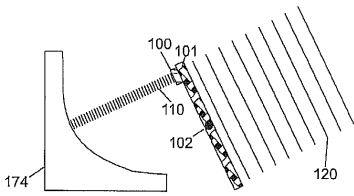
【図14c】



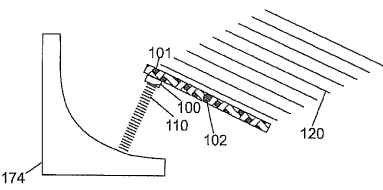
【図14d】



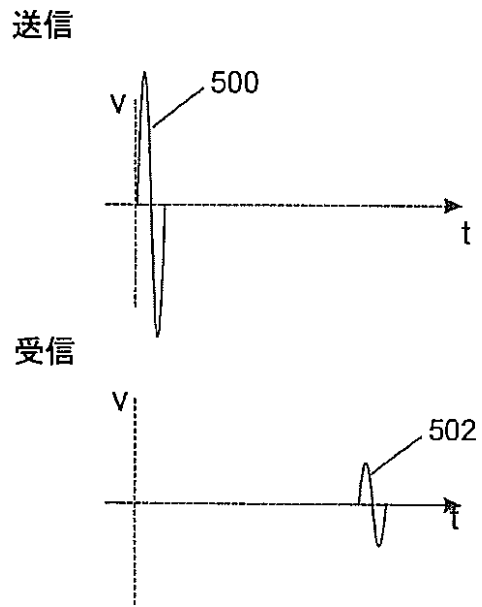
【図15a】



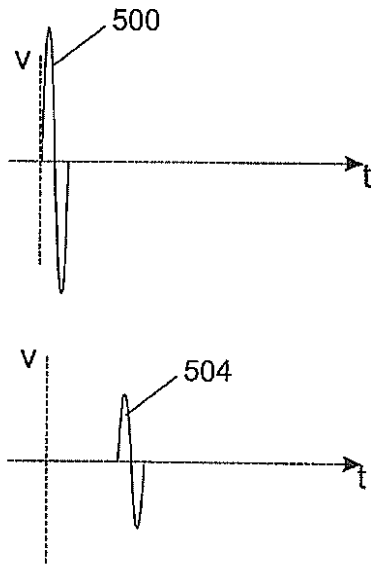
【図15b】



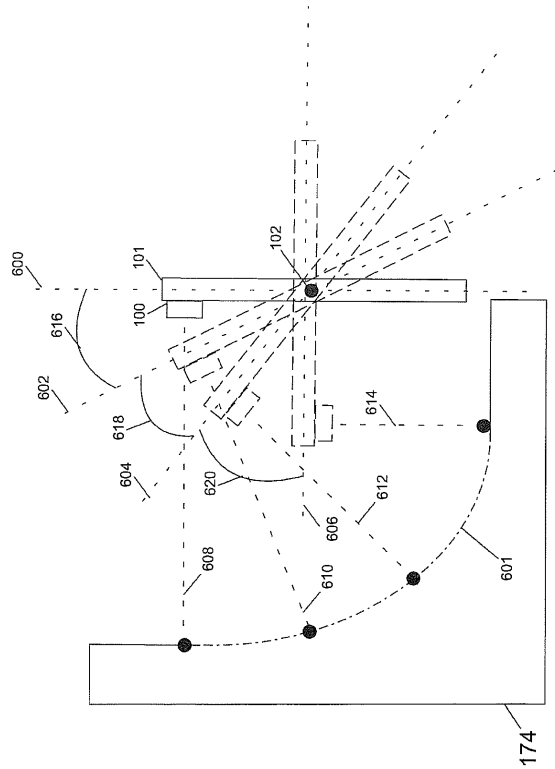
【図15c】



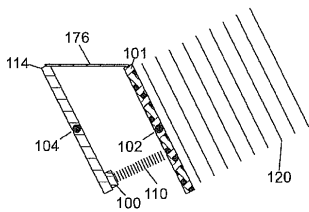
【図 15 d】



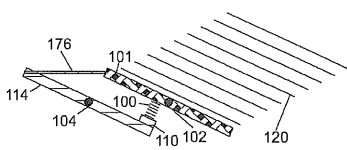
【図 15 e】



【図 16 a】

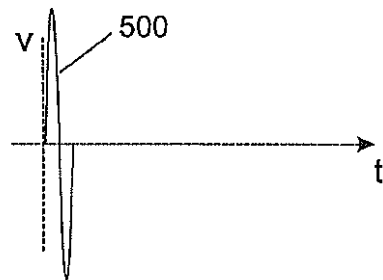


【図 16 b】

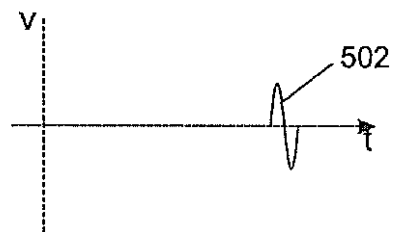


【図 16 c】

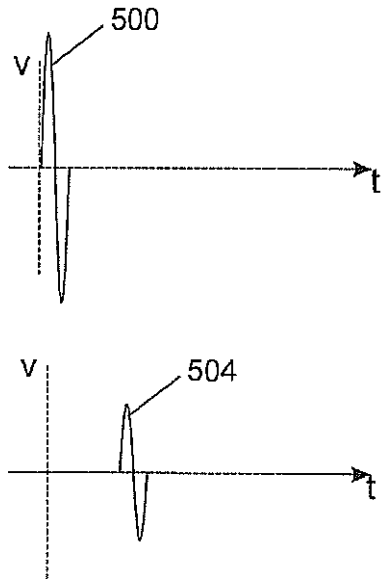
送信



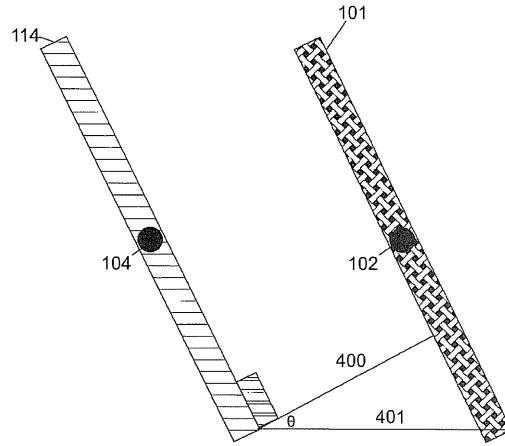
受信



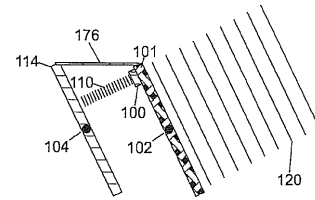
【図 1 6 d】



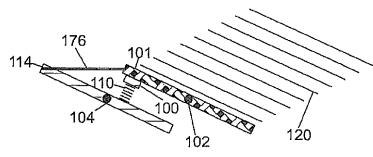
【図 1 6 e】



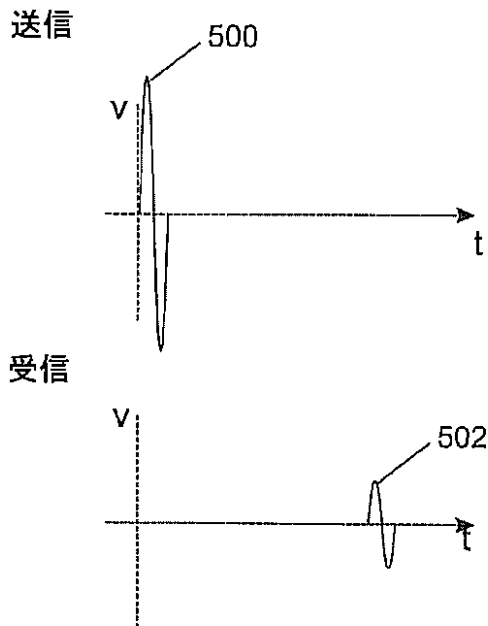
【図 1 7 a】



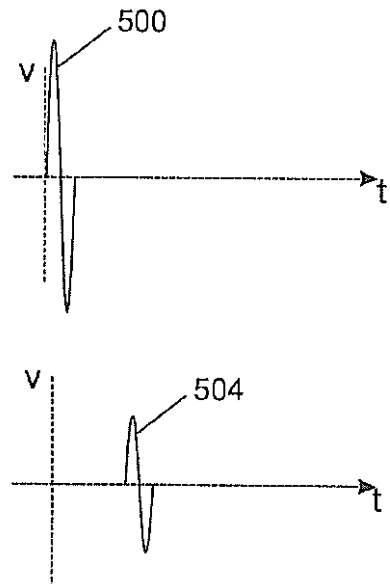
【図 1 7 b】



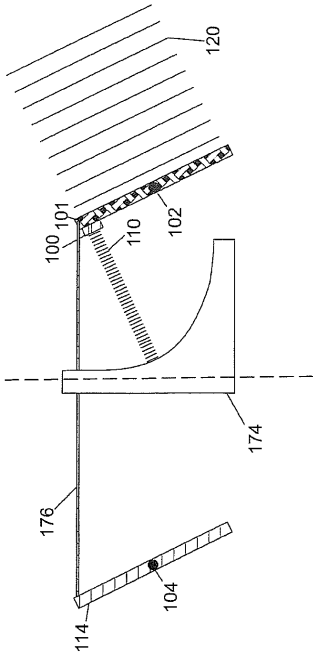
【図 1 7 c】



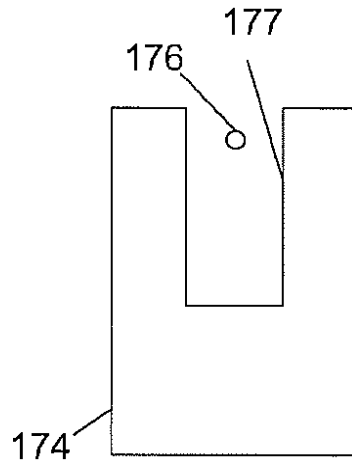
【図 1 7 d】



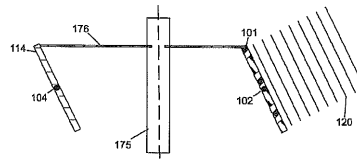
【図 18 a】



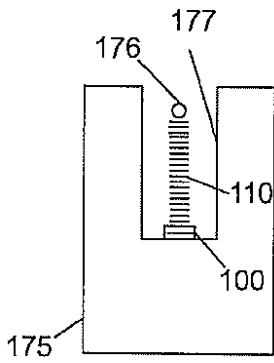
【図 18 b】



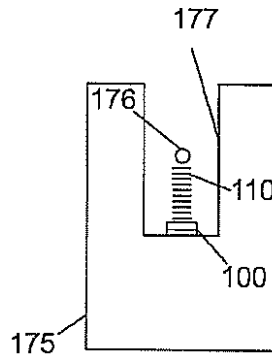
【図 18 c】



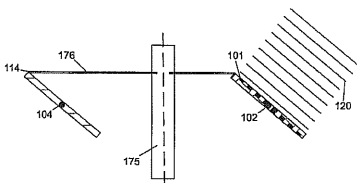
【図 18 d】



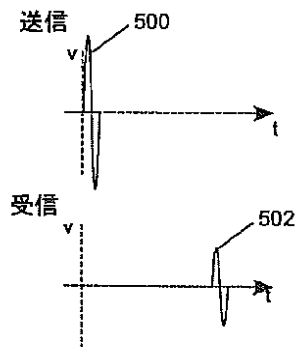
【図 18 f】



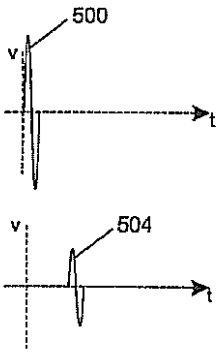
【図 18 e】



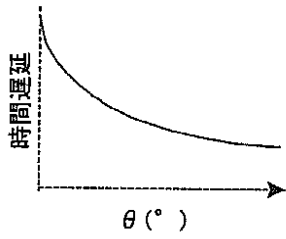
【図 18 g】



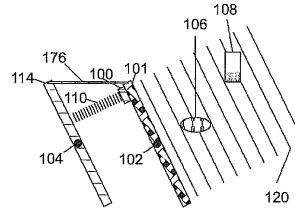
【図 18 h】



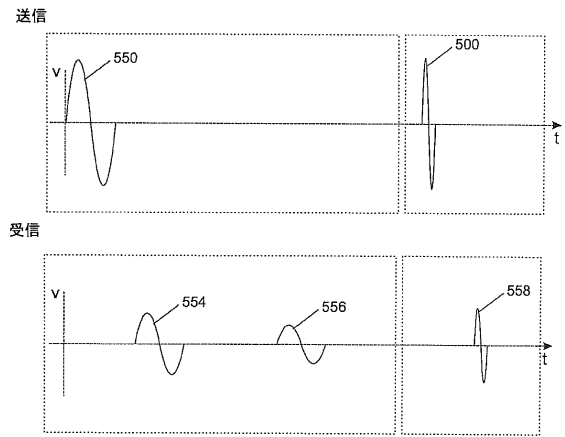
【図 18 i】



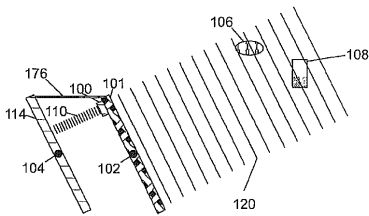
【図 19 a】



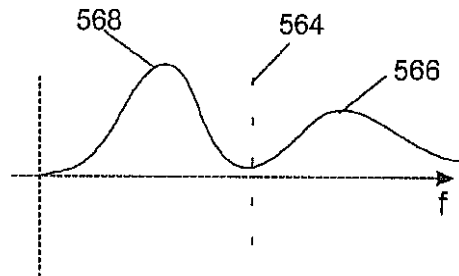
【図 19 b】



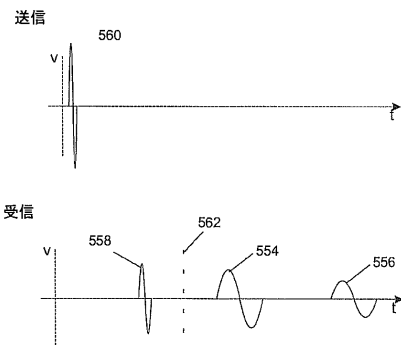
【図 19 c】



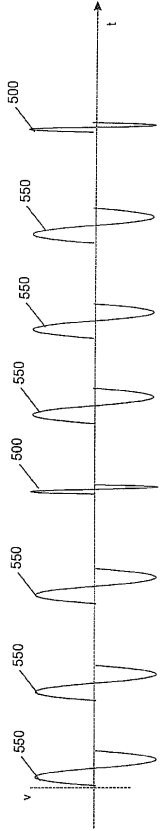
【図 19 e】



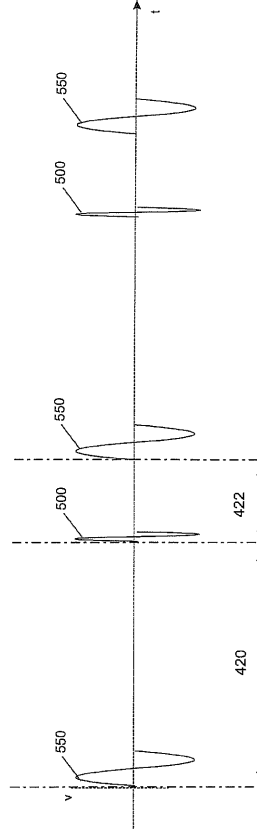
【図 19 d】



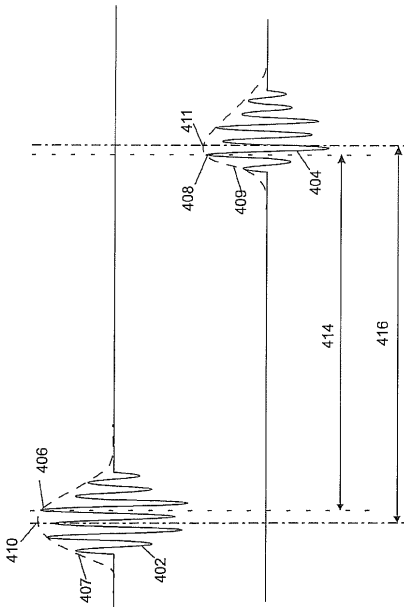
【 図 19 f 】



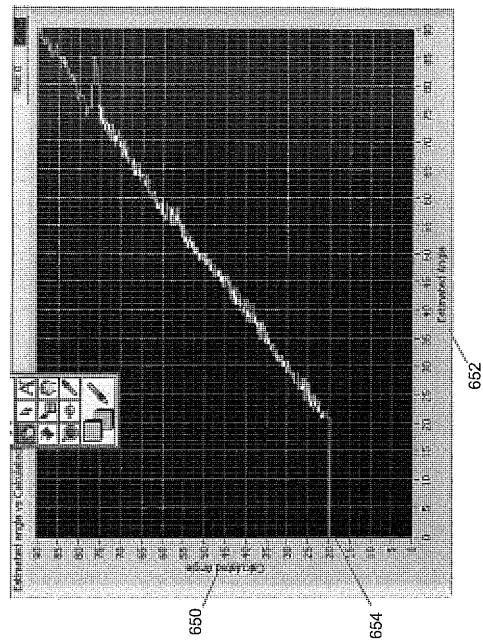
【 図 19 g 】



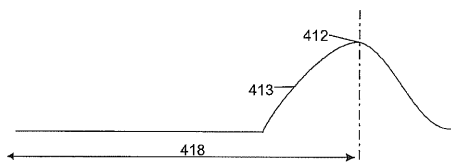
【 図 20 a 】



【 図 21 】



【 図 20 b 】



フロントページの続き

(72)発明者 コートニー, ブライアン

カナダ国 エム4エス 1イー2 オンタリオ州, トロント, ベイリオル ストリート 374

(72)発明者 シンド, アマンディーブ

カナダ国 エム2エル 2エス8 オンタリオ州, トロント, ノーセイ ドライブ 71

Fターム(参考) 4C601 BB03 BB10 BB14 DE16 EE12 EE13 FE01 FE03 GA15 GA26

GA27 GB01 GB03 JB28 JB54

| | | | |
|----------------|--|---------|------------|
| 专利名称(译) | 一种超声探头，具有可在公共电通道上处理的超声换能器 | | |
| 公开(公告)号 | JP2017164512A | 公开(公告)日 | 2017-09-21 |
| 申请号 | JP2017082444 | 申请日 | 2017-04-19 |
| [标]申请(专利权)人(译) | 桑尼布鲁克健康科学中心 | | |
| 申请(专利权)人(译) | Sunnybrook健康科学中心 | | |
| [标]发明人 | コートニー、ブライアン シンド、アマンディーブ | | |
| 发明人 | コートニー、ブライアン シンド、アマンディーブ | | |
| IPC分类号 | A61B8/12 | | |
| CPC分类号 | A61B8/12 A61B8/14 A61B8/445 A61B8/4466 B06B1/06 G10K11/352 | | |
| FI分类号 | A61B8/12 A61B8/12.ZDM | | |
| F-TERM分类号 | 4C601/BB03 4C601/BB10 4C601/BB14 4C601/DE16 4C601/EE12 4C601/EE13 4C601/FE01 4C601/FE03 4C601/GA15 4C601/GA26 4C601/GA27 4C601/GB01 4C601/GB03 4C601/JB28 4C601/JB54 | | |
| 代理人(译) | 渡辺 敏章 吉川 明 | | |
| 优先权 | 61/437758 2011-01-31 US | | |
| 其他公开文献 | JP6445076B2 | | |
| 外部链接 | Espacenet | | |

摘要(译)

要解决的问题：提供一种用于电连接到公共电通道并容纳在成像探头中的多个超声换能器的方法和装置。成像探头包括成像超声换能器，用于控制输出成像光束的方向的可移动元件，以及角度检测超声换能器。角度检测超声换能器被配置为确定超声成像光束的方向。角度检测超声换能器引向一个声音反射基底角度检测超声光束，并且被配置成通过检测反射超声光束，以提供一个信号从所述声反射基板反射。

