

(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2017-176311

(P2017-176311A)

(43) 公開日 平成29年10月5日(2017.10.5)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>A61B 8/14 (2006.01)</b>	A61B 8/14	4C601
<b>H04R 17/00 (2006.01)</b>	H04R 17/00	5D019
	332B	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2016-65204 (P2016-65204)  
 (22) 出願日 平成28年3月29日 (2016. 3. 29)

(71) 出願人 000002369  
 セイコーエプソン株式会社  
 東京都新宿区新宿四丁目1番6号  
 (74) 代理人 100116665  
 弁理士 渡辺 和昭  
 (74) 代理人 100164633  
 弁理士 西田 圭介  
 (74) 代理人 100179475  
 弁理士 仲井 智至  
 (72) 発明者 佐藤 竜一  
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内  
 Fターム(参考) 4C601 BB07 EE11 EE13 FF03 GA40  
 GB04 GB19 GB20 GB25 GB26  
 GB33 GB34 JC20 KK12  
 5D019 BB19 FF04

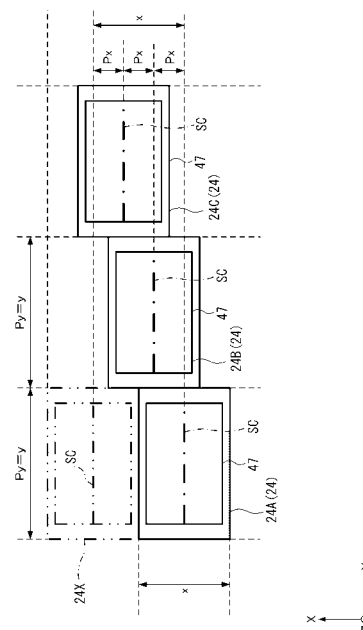
(54) 【発明の名称】 超音波デバイス、超音波測定装置、及び超音波画像表示装置

(57) 【要約】

【課題】測定位置間隔を狭くしつつ、高精度の超音波測定を実施することができる超音波デバイス、超音波測定装置、及び超音波画像表示装置を提供する。

【解決手段】超音波デバイスは、複数の超音波素子が第一方向に配列された超音波素子アレイを複数備え、複数の超音波素子アレイは、第一方向において、互いに干渉しない位置であり、かつ、第一方向と交差する第二方向において、互いにずれる位置に配置される。

【選択図】 図5



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

複数の超音波素子が第一方向に配列された超音波素子アレイを複数備え、前記複数の超音波素子アレイは、前記第一方向において、互いに干渉しない位置であり、かつ、前記第一方向と交差する第二方向において、互いにずれる位置に配置されることを特徴とする超音波デバイス。

## 【請求項 2】

請求項 1 に記載の超音波デバイスにおいて、前記複数の超音波素子アレイのうちの前記第一方向へ隣り合う前記超音波素子アレイにおける前記第二方向のずれ量は、前記隣り合う超音波素子アレイのそれぞれの前記第二方向の幅よりも小さいことを特徴とする超音波デバイス。

10

## 【請求項 3】

請求項 1 又は請求項 2 に記載の超音波デバイスにおいて、前記超音波素子アレイは、前記第一方向を含む面内において、設定された超音波の送信角度範囲に基づく測定領域を有し、前記複数の超音波素子アレイに対応する前記測定領域は、前記第二方向に向けて平面視して、少なくとも一部が互いに重畳する重畳領域を有することを特徴とする超音波デバイス。

## 【請求項 4】

請求項 3 に記載の超音波デバイスにおいて、前記送信角度範囲は、前記第一方向に直交する仮想線に対して  $\pm 45^\circ$  以内の範囲であることを特徴とする超音波デバイス。

20

## 【請求項 5】

請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の超音波デバイスにおいて、前記超音波素子アレイが、前記第一方向に二列以上五列以内に並んで配列されることを特徴とする超音波デバイス。

## 【請求項 6】

請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の超音波デバイスにおいて、前記超音波素子アレイの前記第二方向の長さ寸法を  $x$  とし、前記複数の超音波素子アレイの前記第二方向の配置間隔長を  $Px$  とし、前記複数の超音波素子のうち、前記第一方向に配列される  $n$  列に含まれる前記超音波素子アレイは、 $(n - 1) \times Px$   $x$  を満たす位置に配置されることを特徴とする超音波デバイス。

30

## 【請求項 7】

請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の超音波デバイスと、前記超音波デバイスを制御する制御部と、を備えることを特徴とする超音波測定装置。

## 【請求項 8】

請求項 7 に記載の超音波測定装置において、前記制御部は、前記第一方向を含む面内において、前記超音波素子アレイの超音波の送信角度を設定する角度設定部を有することを特徴とする超音波測定装置。

40

## 【請求項 9】

請求項 8 に記載の超音波測定装置において、前記角度設定部は、前記第一方向に直交する仮想線における、測定位置と前記超音波素子アレイとの距離に基づいて前記送信角度を設定することを特徴とする超音波測定装置。

## 【請求項 10】

50

請求項 7 から請求項 9 のいずれか 1 項に記載の超音波測定装置と、  
画像表示装置と、を備える  
ことを特徴とする超音波画像表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波デバイス、超音波測定装置、及び超音波画像表示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、超音波を送受信する複数の振動素子（超音波素子）が一方向に配置され構成された一次元アレイ振動子（一次元アレイ）を含む超音波プローブ、及び当該超音波プローブを備える超音波診断装置（超音波測定装置）が知られている（例えば特許文献 1 参照）。 10

特許文献 1 に記載の超音波測定装置は、所定の走査面内において、各超音波素子から放射状に超音波を送信するコンベックス型又はセクタ型や、各超音波素子から直線状に超音波を送信するリニア型の超音波素子アレイを備えている。このように構成された超音波測定装置は、走査面における測定対象の断層画像を取得することができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2012 - 105751 号公報 20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、一次元アレイを備える超音波プローブを用いて超音波測定を実施する際に、超音波プローブを傾けたり、走査面の法線方向に沿って超音波プローブを移動させたりすることにより、複数の測定位置に対応する超音波断層画像を取得することができる。

しかしながら、測定位置間の距離を狭くしつつ、高精度の超音波測定を実施することは容易ではない。

【0005】

例えば、超音波プローブを走査面の法線方向に沿って移動させたり、超音波プローブの走査面の傾きを変更したりする駆動機構を備え、測定位置を変更可能に構成された機械式の超音波測定装置では、装置の複雑化・大型化するおそれがある。また、このような機械式の超音波測定装置では、駆動機構が発する振動等によりスキャン精度の低下のおそれがある。 30

【0006】

一方、上述の走査面の位置や、走査面の傾きを手動で変更することもできる。しかしながら、この場合、機械式と同様に振動によるスキャン精度の低下のおそれがある。さらに、手動のため、走査面の位置つまり測定位置を定量的に特定することは容易ではない。

また、複数の超音波アレイを走査面の法線方向に配置することも考えられる。しかしながら、この場合、走査面間の距離、つまり測定位置の間隔が、法線方向における超音波アレイの外形寸法による制限を受け、測定位置間隔を狭くするのに限界がある。 40

【0007】

本発明は、測定位置間隔を狭くしつつ、高精度の超音波測定を実施することができる超音波デバイス、超音波測定装置、及び超音波画像表示装置を提供することを一つの目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の一適用例に係る超音波デバイスは、複数の超音波素子が第一方向に配列された超音波素子アレイを複数備え、前記複数の超音波素子アレイは、前記第一方向において、互いに干渉しない位置であり、かつ、前記第一方向と交差する第二方向において、互いに 50

ずれる位置に配置されることを特徴とする。

【0009】

本適用例では、複数の超音波素子アレイは、超音波素子が第一方向に配列されている。これら複数の超音波素子アレイは、第一方向に互いに干渉しない位置に配置されている。つまり、一つの超音波素子アレイと、当該超音波素子アレイに対して第一方向に隣り合う他の超音波素子アレイとは、第一方向において隣接して又は離間して配置されている（第一方向位置が重ならない）。また、複数の超音波素子アレイのそれぞれは、第二方向にずれる位置に配置されている。

ここで、超音波素子アレイは、例えば当該超音波素子アレイの第二方向における中心を通り、第一方向に平行な中心線を含む走査面に沿って超音波を送受信する、所謂、一次元アレイとして構成されている。このような超音波素子アレイは、走査面に対して交差する第二方向に対しても所定の幅寸法を有するので、第一方向の位置を同じにして、第二方向に超音波素子アレイを並べる場合は、各超音波素子アレイの走査面の間隔は、超音波素子アレイの幅寸法より小さくできず、第二方向に対する測定位置間隔が広がる。これに対して、本適用例では、超音波素子アレイが第一方向に互いに重ならない位置に配置されているため、走査面に交差する第二方向に隣り合う超音波素子アレイを任意の位置で配置することができる。したがって、第二方向における超音波素子アレイの外形寸法に関わらず、第二方向における走査面間の距離、つまり測定位置間隔を設定することができ、超音波素子アレイの外形寸法よりも小さくすることもできる。

また、各超音波素子アレイが予め所定の位置関係で配置されているため、上述のように駆動機構を用いて超音波素子アレイを移動させたり、回動させたりする場合と比べて、駆動機構の振動等による影響がなく、高精度の超音波測定を実施できる。また、手動の場合と比べても、同様に、振動等の影響がなく、また、測定位置の距離をより正確に特定することができる。

以上のように、本適用例によれば、測定位置間隔を狭くしつつ、高精度の超音波測定を実施することができる超音波デバイスを提供することができる。

【0010】

本適用例の超音波デバイスにおいて、前記複数の超音波素子アレイのうちの前記第一方向へ隣り合う前記超音波素子アレイにおける前記第二方向のずれ量は、前記隣り合う超音波素子アレイのそれぞれの前記第二方向の幅よりも小さいことが好ましい。

本適用例では、複数の超音波素子アレイのうち、第一方向へ隣り合う超音波素子アレイは、第二方向におけるずれ量（例えば上記中心線のずれ量）が、これら隣り合う超音波素子アレイのそれぞれの幅よりも小さい。つまり、一つの超音波素子アレイと、当該超音波素子アレイに対して第一方向に隣り合う他の超音波素子アレイとが、第二方向において一部が重なって配置されている。このような構成では、第二方向における走査面間の距離、つまり測定位置間隔を、第二方向における超音波素子アレイの外形寸法よりも小さくすることができる。

【0011】

本適用例の超音波デバイスにおいて、前記超音波素子アレイは、前記第一方向を含む面内において、設定された超音波の送信角度範囲に基づく測定領域を有し、前記複数の超音波素子アレイに対応する前記測定領域は、前記第二方向に向けて平面視して、少なくとも一部が互いに重畳する重畳領域を有することが好ましい。

ここで、超音波素子アレイの送信角度範囲は、測定精度や超音波アレイの構造等に応じて、予め設定することができる。

本適用例では、超音波素子アレイは、予め設定された送信角度範囲に基づく測定領域を有する。各超音波素子アレイの測定領域における重畳領域が、第二方向に配置される。したがって、第二方向に沿った複数の測定位置で超音波測定を実施することができる。

【0012】

本適用例の超音波デバイスにおいて、前記送信角度範囲は、前記第一方向に直交する仮想線に対して $\pm 45^\circ$ 以内の範囲であることが好ましい。

本適用例では、超音波素子アレイの送信角度範囲が、上記仮想線に対して $\pm 45^\circ$ 以内の範囲である。このように超音波素子アレイの送信角度の大きさを $45^\circ$ 以内とすることにより、超音波素子アレイによって送信された超音波を所望の位置に収束させることができ、また、測定対象で反射した超音波を適切に受信でき、高精度の超音波測定を実施できる。

#### 【0013】

本適用例の超音波デバイスにおいて、前記超音波素子アレイが、前記第一方向に二列以上五列以内に並んで配列されることが好ましい。

本適用例では、超音波素子アレイは、第一方向において、超音波素子アレイが二列以上五列以内に並んで配列される。つまり、第一方向において、二以上五以下の超音波素子アレイが配列される。例えば、超音波素子アレイが、二列配置されている構成では、超音波の送信角度が従来の一列の場合と同等に確保できて、送信角度が大きくなることによる超音波の減衰を小さくできる。五列では、測定位置間隔を著しく狭くできる。三列以上四列以下では、送信角度による減衰を抑制しながら、測定位置間隔を狭くできる。

#### 【0014】

本適用例の超音波デバイスにおいて、前記超音波素子アレイの前記第二方向の長さ寸法を $x$ とし、前記複数の超音波素子アレイの前記第二方向の配置間隔長を $Px$ とし、前記複数の超音波素子のうち、前記第一方向に配列される $n$ 列に含まれる前記超音波素子アレイは、 $(n-1) \times Px$ を満たす位置に配置されることが好ましい。

本適用例では、超音波素子アレイの第二方向の長さ寸法 $x$ 、第二方向の配置間隔長 $Px$ 、及び超音波素子アレイの配列数 $n$ の間で、上記関係が成り立つように、超音波デバイスを構成する。これにより、第二方向の長さ寸法 $x$ の範囲において $n$ 個の測定位置で超音波測定を実施することができる。

#### 【0015】

本発明の一適用例に係る超音波測定装置は、上記適用例の超音波デバイスと、前記超音波デバイスを制御する制御部と、を備えることを特徴とする。

本適用例の超音波測定装置は、上記適用例の超音波デバイスと、当該超音波デバイスを制御する制御部を備える。このような構成では、上述の超音波デバイスに係る適用例と同様に、測定位置間隔を狭くしつつ、高精度の超音波測定を実施することができる超音波測定装置を提供することができる。

#### 【0016】

本適用例の超音波測定装置において、前記制御部は、前記第一方向を含む面内において、前記超音波素子アレイの超音波の送信角度を設定する角度設定部を有することが好ましい。

本適用例では、超音波素子アレイの超音波の送信角度を設定する角度設定部を有する。角度設定部によって、超音波の送信角度を変更することができるため、超音波の送信角度に応じた測定領域の位置を変更することができる。例えば、超音波素子アレイの測定領域内に測定対象が配置されるように、各超音波素子アレイの超音波の送信角度を設定することができる。

#### 【0017】

本適用例の超音波測定装置において、前記角度設定部は、前記第一方向に直交する仮想線における、測定位置と前記超音波素子アレイとの距離に基づいて前記送信角度を設定することが好ましい。

本適用例では、角度設定部は、測定位置と超音波素子アレイとの距離に基づいて送信角度を設定する。例えば、測定位置との距離が近い場合は、超音波素子アレイの送信角度を大きくし、距離が遠ければ、送信角度を小さくすることにより、各超音波素子アレイの測定領域を、上記距離に応じて適切に設定することができる。これにより、超音波素子アレイと測定対象との距離が変動した場合でも、測定対象の位置に測定位置を設定することができ、超音波測定を適切に実施できる。

#### 【0018】

10

20

30

40

50

本発明の一適用例に係る超音波画像表示装置は、上記適用例の超音波測定装置と、画像表示装置と、を備えることを特徴とする。

本適用例では、上記適用例に係る超音波測定装置と、画像表示装置と、を備える。このような構成では、上述の超音波デバイスに係る適用例と同様に、測定位置間隔を狭くしつつ、高精度の超音波測定を実施することができ、測定結果に基づいた超音波画像を表示させることができる。したがって、高精度かつ狭い間隔で取得された超音波画像を表示させることができ、観察者への視認性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】第一実施形態の超音波測定装置の概略構成を示す斜視図。

10

【図2】第一実施形態の超音波測定装置の概略構成を示すブロック図。

【図3】第一実施形態の超音波デバイスにおける素子基板の概略構成を示す平面図。

【図4】図3におけるA-A線で切断した超音波デバイスの断面図。

【図5】第一実施形態の超音波素子アレイの配置を模式的に示す平面図。

【図6】第一実施形態の超音波素子アレイの配置を模式的に示す側面図。

【図7】第一実施形態の超音波測定処理の一例を示すフローチャート。

【図8】第一実施形態の超音波素子アレイを模式的に示す図。

【図9】第一実施形態の超音波素子アレイを模式的に示す図。

【図10】第二実施形態の超音波素子アレイを模式的に示す図。

【図11】第三実施形態の超音波素子アレイを模式的に示す平面図。

20

【図12】第三実施形態の超音波素子アレイを模式的に示す図。

【図13】一変形例の超音波素子アレイを模式的に示す平面図。

【発明を実施するための形態】

【0020】

[第一実施形態]

以下、本発明に係る第一実施形態の超音波測定装置について、図面に基づいて説明する。

[超音波測定装置の構成]

図1は、本実施形態の超音波測定装置1の概略構成を示す斜視図である。図2は、超音波測定装置1の概略構成を示すブロック図である。

30

本実施形態の超音波測定装置1は、本発明の超音波測定装置及び超音波画像表示装置に相当し、図1に示すように、超音波プローブ2と、超音波プローブ2にケーブル3を介して電氣的に接続された制御装置10と、を備えている。

この超音波測定装置1は、超音波プローブ2を生体（例えば人体）の表面に当接させ、超音波プローブ2から生体内に超音波を送出する。また、生体内の器官にて反射された超音波を超音波プローブ2にて受信し、その受信信号に基づいて、例えば生体内の内部断層画像を取得したり、生体内の器官の状態（例えば血流等）を測定したりする。

【0021】

[超音波プローブの構成]

超音波プローブ2は、超音波探触子に相当し、筐体21と、筐体21内部に収納される超音波センサー22と、を備える。この超音波センサー22は、超音波を送信及び受信する複数の超音波素子アレイ24を含む超音波デバイス23と、超音波デバイス23を制御するためのドライバ回路等が設けられた回路基板25（図2参照）と、を備えている。

40

【0022】

[筐体の構成]

筐体21は、図1に示すように、例えば平面視矩形状の箱状に形成され、厚み方向に直交する一面（センサー面21A）には、センサー窓21Bが設けられており、超音波デバイス23の一部が露出している。また、筐体21の一部（図1に示す例では側面）には、ケーブル3の通過孔21Cが設けられ、ケーブル3は、通過孔21Cから筐体21の内部の回路基板25に接続されている。また、ケーブル3と通過孔21Cとの隙間は、例えば

50

樹脂材等が充填されることで、防水性が確保されている。

なお、本実施形態では、ケーブル3を用いて、超音波プローブ2と制御装置10とが接続される構成例を示すが、これに限定されず、例えば超音波プローブ2と制御装置10とが無線通信により接続されていてもよく、超音波プローブ2内に制御装置10の各種構成が設けられていてもよい。

#### 【0023】

[超音波デバイスの構成]

図3は、超音波デバイス23における素子基板41を、封止板42側から見た平面図である。図4は、図3におけるA-A線で切断した超音波デバイス23の断面図である。

超音波デバイス23は、複数の超音波素子アレイ24を備える。これら複数の超音波素子アレイ24は、後述するように所定の位置関係で回路基板25上に配置されている。また、各超音波素子アレイ24が個別駆動可能に構成されている。

#### 【0024】

[超音波素子アレイの構成]

超音波素子アレイ24は、図4に示すように、素子基板41と、封止板42と、音響整合層43と、音響レンズ44と、により構成されている。

この超音波素子アレイ24は、超音波を送受信する一つの送受信チャンネルとして機能する超音波送受部46がY方向（スキャン方向であり、本発明の第一方向に相当）に沿って複数配置され構成された一次元超音波アレイ47を有する。本実施形態では、超音波素子アレイ24は、X方向及びY方向に沿ってマトリクス状に配置された複数の超音波トランスデューサー（超音波素子）45を有し、これらのうちX方向（スライス方向であり、本発明の第二方向に相当）に沿って配置された複数の超音波トランスデューサー45によって、一つの送受信チャンネルとして機能する超音波送受部46が構成されている。これら超音波送受部46は、個別に駆動可能に構成されており、+Z側に向かって超音波を送信する。超音波素子アレイ24は、超音波送受部46が個別に駆動されることにより、YZ面に平行で、X方向における一次元超音波アレイ47の中央部を通る仮想面（以下、走査面SCとも称す）に沿って、超音波ビームを走査可能に構成されている。なお、走査面SCは、超音波素子アレイ24（本実施形態では一次元超音波アレイ47）のX方向における中心を通り、かつ、Y方向に平行な中心線を含む面である。

以下、超音波素子アレイ24の構成について説明する。

#### 【0025】

（素子基板の構成）

素子基板41は、図4に示すように、基板本体部411と、基板本体部411の封止板42側に設けられる振動膜412と、振動膜412に設けられた圧電素子413と、を備えている。ここで、以降の説明にあたり、振動膜412の封止板42とは反対側の面（第一面）を超音波送受面412Aと称し、封止板42側の面（第二面）を作動面412Bと称する。また、素子基板41を基板厚み方向から見た平面視において、素子基板41の中央領域はアレイ領域Ar1となり、このアレイ領域Ar1には、複数の超音波トランスデューサー45がマトリクス状に配置されている。

#### 【0026】

基板本体部411は、振動膜412を支持する基板であり、例えばSi等の半導体基板で構成される。基板本体部411におけるアレイ領域Ar1内には、各々の超音波トランスデューサー45に対応した開口部411Aが設けられている。また、各開口部411Aは、基板本体部411の封止板42側の面に設けられた振動膜412により閉塞されている。

#### 【0027】

振動膜412は、例えばSiO<sub>2</sub>や、SiO<sub>2</sub>及びZrO<sub>2</sub>の積層体等より構成され、基板本体部411の封止板42側の面の全体を覆って設けられている。この振動膜412の厚み寸法は、基板本体部411に対して十分小さい厚み寸法となる。基板本体部411をSiにより構成し、振動膜412をSiO<sub>2</sub>により構成する場合、例えば基板本体部4

10

20

30

40

50

11を酸化処理することで、所望の厚み寸法の振動膜412を容易に形成することが可能となる。また、この場合、SiO<sub>2</sub>の振動膜412をエッチングストップパとして基板本体部411をエッチング処理することで、容易に前記開口部411Aを形成することが可能となる。

【0028】

また、図4に示すように、各開口部411Aを閉塞する振動膜412の作動面412B上には、それぞれ下部電極414、圧電膜415、及び上部電極416の積層体である圧電素子413が設けられている。ここで、開口部411Aを閉塞する振動膜412及び圧電素子413により、1つの超音波トランスデューサー45が構成される。

【0029】

このような超音波トランスデューサー45では、下部電極414及び上部電極416の間に所定周波数の矩形波電圧が印加されることで、開口部411Aの開口領域内の振動膜412を振動させて、超音波送受面412A側から超音波を送出することができる。また、対象物から反射され、超音波送受面412A側から入射する超音波により振動膜412が振動されると、圧電膜415の上下で電位差が発生する。したがって、下部電極414及び上部電極416間に発生する前記電位差を検出することで、受信した超音波を検出することが可能となる。

【0030】

また、本実施形態では、図3に示すように、上記のような超音波トランスデューサー45が、素子基板41の所定のアレイ領域Ar1内に、X方向（スライス方向）、及びX方向に交差（本実施形態では直交）するY方向（スキャン方向）に沿って複数配置される。

また、X方向に並ぶ超音波トランスデューサー45の下部電極414は連結され、1つの超音波送受部46が構成される。つまり、超音波送受部46において、下部電極414は、X方向に沿って並ぶ複数の超音波トランスデューサー45に跨ってX方向に沿う直線状に形成されている。この下部電極414は、圧電膜415と振動膜412との間に位置する下部電極本体414Aと、隣り合う下部電極本体414Aを連結する下部電極線414Bと、アレイ領域Ar1外の端子領域Ar2に引き出される下部端子電極線414Cとにより構成されている。よって、X方向に並ぶ超音波トランスデューサー45では、下部電極414は同電位となる。

また、下部端子電極線414Cは、アレイ領域Ar1外の端子領域Ar2まで延出し、端子領域Ar2において第一電極パッド414Pを構成する。この第一電極パッド414Pは、配線基板に設けられた端子部に接続されている。

【0031】

一方、上部電極416は、図3に示すように、Y方向に沿って並ぶ複数の超音波トランスデューサー45に跨って設けられた素子電極部416Aと、複数の素子電極部416Aの端部同士を連結する共通電極部416Bとを有する。素子電極部416Aは、圧電膜415上に積層された上部電極本体416Cと、隣り合う上部電極本体416Cを連結する上部電極線416Dと、Y方向の両端部に配置された超音波トランスデューサー45からY方向に沿って外側に延出する上部端子電極416Eとを有する。

共通電極部416Bは、アレイ領域Ar1の+Y側端部及び-Y側端部にそれぞれ設けられている。+Y側の共通電極部416Bは、Y方向に沿って複数設けられた超音波トランスデューサー45のうちの+Y側端部に設けられた超音波トランスデューサー45から+Y側に延出した上部端子電極416E同士を接続する。-Y側端部の共通電極部416Bは、-Y側に延出した上部端子電極416E同士を接続する。よって、アレイ領域Ar1内の各超音波トランスデューサー45では、上部電極416は同電位となる。また、これら一对の共通電極部416Bは、X方向に沿って設けられ、その端部がアレイ領域Ar1から端子領域Ar2まで引き出されている。そして、共通電極部416Bは、端子領域Ar2において、配線基板の端子部に接続される第二電極パッド416Pを構成する。

【0032】

上記のような超音波素子アレイ24では、各超音波送受部46が個別に駆動可能であり

10

20

30

40

50

、一つの送受信チャンネルとして機能する。そして、複数の超音波送受部 4 6 が Y 方向に沿って配置され、一次元超音波アレイ 4 7 が構成される。そして、超音波素子アレイ 2 4 は、各超音波送受部 4 6 が個別駆動されることにより、走査面 S C に沿って超音波の送信角度を変更することができる。

#### 【0033】

(封止板の構成)

封止板 4 2 は、厚み方向から見た際の平面形状が例えば素子基板 4 1 と同形状に形成され、S i 等の半導体基板や、絶縁体基板により構成される。なお、封止板 4 2 の材質や厚みは、超音波トランスデューサー 4 5 の周波数特性に影響を及ぼすため、超音波トランスデューサー 4 5 にて送受信する超音波の中心周波数に基づいて設定することが好ましい。

10

#### 【0034】

そして、この封止板 4 2 は、素子基板 4 1 のアレイ領域 A r 1 に対向するアレイ対向領域には、素子基板 4 1 の開口部 4 1 1 A に対応した複数の凹溝 4 2 1 が形成されている。これにより、振動膜 4 1 2 のうち、超音波トランスデューサー 4 5 により振動される領域(開口部 4 1 1 A 内)では、素子基板 4 1 との間に所定寸法のギャップが設けられることになり、振動膜 4 1 2 の振動が阻害されない。また、1つの超音波トランスデューサー 4 5 からの背面波が他の隣接する超音波トランスデューサー 4 5 に入射される不都合(クロストーク)を抑制することができる。

#### 【0035】

また、振動膜 4 1 2 が振動すると、開口部 4 1 1 A 側(超音波送受面 4 1 2 A 側)の他、封止板 4 2 側(作動面 4 1 2 B 側)にも背面波として超音波が放出される。この背面波は、封止板 4 2 により反射され、再び、上記ギャップを介して振動膜 4 1 2 側に放出される。この際、反射背面波と、振動膜 4 1 2 から超音波送受面 4 1 2 A 側に放出される超音波との位相がずれると、超音波が減衰する。したがって、本実施形態では、上記ギャップにおける音響的な距離が、超音波の波長を  $\lambda$  として  $\lambda/4$  の奇数倍となるように、各凹溝 4 2 1 の溝深さが設定されている。言い換えれば、超音波トランスデューサー 4 5 から発せられる超音波の波長  $\lambda$  を考慮して、素子基板 4 1 や封止板 4 2 の各部の厚み寸法が設定される。

20

#### 【0036】

また、封止板 4 2 は、素子基板 4 1 の端子領域 A r 2 に対向する位置に、端子領域 A r 2 に設けられた各電極パッド 4 1 4 P , 4 1 6 P に対応して、開口部(図示略)が設けられる構成などとしてもよい。この場合、当該開口部に封止板 4 2 を厚み方向に貫通する貫通電極(T S V ; Through-Sillicon Via)を設けることで、当該貫通電極を介して、各電極パッド 4 1 4 P , 4 1 6 P が配線基板における端子部に接続される。また、開口部に F P C (Flexible printed circuits) やケーブル線、ワイヤ等を挿入して、各電極パッド 4 1 4 P , 4 1 6 P と配線基板とを接続する構成などとしてもよい。

30

#### 【0037】

(音響整合層及び音響レンズの構成)

音響整合層 4 3 は、図 4 に示すように、素子基板 4 1 の封止板 4 2 とは反対側の面に設けられている。具体的には、音響整合層 4 3 は、素子基板 4 1 と音響レンズ 4 4 との間に充填され、かつ、基板本体部 4 1 1 の表面から所定の厚み寸法で形成される。

40

音響レンズ 4 4 は、音響整合層 4 3 上に設けられ、図 1 に示すように、筐体 2 1 のセンサー窓 2 1 B から外部に露出する。この音響レンズ 4 4 は、+ Z 側の面が X 方向(スライス方向)に沿って湾曲するシリンジカル形状を有し、超音波素子アレイ 2 4 の各超音波送受部 4 6 から送信された超音波を、走査面 S C に沿って収束させる。

#### 【0038】

これらの音響整合層 4 3 や音響レンズ 4 4 は、超音波トランスデューサー 4 5 から送信された超音波を測定対象である生体に効率良く伝搬させ、また、生体内で反射した超音波を効率良く超音波トランスデューサー 4 5 に伝搬させる。このため、音響整合層 4 3 及び音響レンズ 4 4 は、生体に近い音響インピーダンスに設定されている。このような音響イ

50

ンピーダンスの素材としては、例えばシリコン等を挙げることができる。

【 0 0 3 9 】

[ 超音波素子アレイの配置 ]

図 5 は、超音波デバイス 2 3 を - Z 側から見た際の複数の超音波素子アレイ 2 4 の配置を模式的に示す平面図である。

図 5 に示すように、超音波デバイス 2 3 は、奇数列（本実施形態では三つ）の超音波素子アレイ 2 4 を備え、これら三つの超音波素子アレイ 2 4 が Y 方向に沿って配置されている。なお、以下、説明のため、三つの超音波素子アレイ 2 4 のそれぞれを、- Y 側から第一超音波素子アレイ 2 4 A、第二超音波素子アレイ 2 4 B、及び第三超音波素子アレイ 2 4 C とする。

本実施形態では、各超音波素子アレイ 2 4 A, 2 4 B, 2 4 C は、Y 方向（スキャン方向）に隣接し、互いに干渉しない位置に配置され、X 方向にずれた位置に配置されている。

つまり、各超音波素子アレイ 2 4 A, 2 4 B, 2 4 C の Y 方向の外形寸法を第一寸法  $y$  として、各超音波素子アレイ 2 4 A, 2 4 B, 2 4 C の Y 方向の配置間隔長  $P_y$  が第一寸法  $y$  と一致している。ここで、Y 方向における各走査面 S C（つまり走査面 S C が含む中心線）のずれ量は、配置間隔長  $P_y$  である。

【 0 0 4 0 】

また、各超音波素子アレイ 2 4 A, 2 4 B, 2 4 C の X 方向の外形寸法を第二寸法  $x$  とし、各超音波素子アレイ 2 4 A, 2 4 B, 2 4 C の X 方向の配置間隔長  $P_x$  が第二寸法  $x$  よりも小さい。なお、図 5 では、 $P_x = x / 3$  である。つまり、各超音波素子アレイ 2 4 A, 2 4 B, 2 4 C の各走査面 S C が、X 方向（スライス方向の）に第二寸法  $x$  よりも小さい配置間隔長  $P_x$  で配置されている。さらに換言すると、Y 方向に隣り合う超音波素子アレイ 2 4 の配置位置は、X 方向に一部が重なっている。

このように構成された本実施形態の各走査面 S C 間の間隔長  $P_x$  は、図 5 の二点鎖線で示す超音波素子アレイ 2 4 X のように、超音波素子アレイ 2 4 を X 方向に沿って隣接配置した場合の走査面 S C 間の間隔（第二寸法  $x$ ）よりも小さい。

【 0 0 4 1 】

ここで、本実施形態の超音波デバイス 2 3 は、第二寸法  $x$  と、X 方向の配置間隔長  $P_x$  と、Y 方向の超音波素子アレイ 2 4 の配列数  $n$ （本実施形態では  $n = 3$ ）と、の間に、下記式（1）の関係を満たしている。つまり、本実施形態では、超音波素子アレイ 2 4 の第二寸法  $x$  よりも短い所定間隔（配置間隔長  $P_x$ ）で、複数の走査面 S C が配置されている。

【 0 0 4 2 】

[ 数 1 ]

$$(n - 1) \times P_x < x \quad \cdots (1)$$

【 0 0 4 3 】

[ 超音波素子アレイの測定領域 ]

図 6 は、図 5 に示す複数の超音波素子アレイ 2 4 を - X 側から見た際の側面図である。

本実施形態では、図 6 に示すように、各超音波素子アレイ 2 4 A, 2 4 B, 2 4 C は、それぞれ制御装置 1 0 の制御に基づいて、一次元超音波アレイ 4 7 の法線 N に対して  $\pm \theta_M$ （例えば  $45^\circ$ ）の角度範囲で超音波ビームを走査する。この法線 N は、X 方向及び Y 方向に直交する仮想線である。なお、角度範囲は、後述する制御部の制御に基づいて超音波素子アレイ 2 4 を駆動する際の超音波の送信角度範囲の設定値であり、超音波素子アレイ 2 4 における送信可能な角度の最大値以下の値である。

この際、超音波素子アレイ 2 4 A, 2 4 B, 2 4 C は、それぞれ測定領域 F 1, F 2, F 3 の超音波測定を実施可能である。これら各測定領域 F 1, F 2, F 3 は、X 方向に互いに重畳する第一重畳領域 F 4 を有する。この第一重畳領域 F 4 と X 方向に重なる位置に測定対象を配置することにより、各超音波素子アレイ 2 4 A, 2 4 B, 2 4 C で超音波測定を実施できる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 4 】

また、後述するが、本実施形態では、第二超音波素子アレイ 2 4 B の超音波の送信角度が 0 ° となる位置に、測定対象を配置して超音波測定を行う。この際、各測定領域 F 1 , F 2 , F 3 が X 方向に互いに重畳する領域は、図 6 に示す第二重畳領域 F 5 である。この第二重畳領域 F 5 では、第二超音波素子アレイ 2 4 B から送信角度が 0 °、つまり Z 方向に超音波が送信される。このため、第二超音波素子アレイ 2 4 B による超音波測定の測定精度を向上させることができる。

## 【 0 0 4 5 】

ここで、Z 方向における第一重畳領域 F 4 及び第二重畳領域 F 5 と超音波素子アレイ 2 4 との最小距離 h は、下記式 ( 2 ) で示される。なお、寸法 y a は、一次元超音波アレイ 4 7 の Y 方向の寸法である。また、配列数 n を 2 K + 1 とした ( 但し、K は 1 以上の整数であり、本実施形態では K = 1 )。この距離 h が、測定距離の目的値 h 1 以下となるように、超音波素子アレイ 2 4 の第一寸法 y、一次元超音波アレイ 4 7 の寸法 y a、及び送信角度  $\theta_M$  が設定されている。これにより、測定距離が目的値 h 1 以上の測定対象を、第一重畳領域 F 4 及び第二重畳領域 F 5 に配置することができる。

10

## 【 0 0 4 6 】

[ 数 2 ]

$$h = ( K y - y a / 2 ) \times \cot \theta_M \cdots ( 2 )$$

## 【 0 0 4 7 】

[ 回路基板の構成 ]

回路基板 2 5 は、各超音波トランスデューサー 4 5 を制御するためのドライバ回路等が設けられ、例えば F P C ( Flexible Printed Circuits ) 等の配線部材 ( 図示省略 ) を介して超音波デバイス 2 3 が接合される。この回路基板 2 5 は、図 2 に示すように、選択回路 2 5 1、送信回路 2 5 2、及び受信回路 2 5 3 を備えている。

20

## 【 0 0 4 8 】

選択回路 2 5 1 は、超音波デバイス 2 3 に接続され、制御装置 1 0 の制御に基づいて、超音波素子アレイ 2 4 のいずれかと送信回路 2 5 2 とを接続する送信接続、及び同様に受信回路 2 5 3 とを接続する受信接続を切り替える。

送信回路 2 5 2 は、制御装置 1 0 の制御により送信接続に切り替えられた際に、選択回路 2 5 1 を介して超音波デバイス 2 3 が備える複数の超音波素子アレイ 2 4 のいずれかに超音波を発信させる旨の送信信号を出力する。

30

受信回路 2 5 3 は、制御装置 1 0 の制御により受信接続に切り替えられた際に、選択回路 2 5 1 を介して超音波デバイス 2 3 から入力された受信信号を制御装置 1 0 に出力する。受信回路 2 5 3 は、例えば低雑音増幅回路、電圧制御アッテネーター、プログラマブルゲインアンプ、ローパスフィルター、A / D コンバーター等を含んで構成されており、受信信号のデジタル信号への変換、ノイズ成分の除去、所望信号レベルへの増幅等の各信号処理を実施した後、処理後の受信信号を制御装置 1 0 に出力する。

## 【 0 0 4 9 】

[ 制御装置の構成 ]

制御装置 1 0 は、図 2 に示すように、例えば、操作部 1 1 と、表示部 1 2 と、記憶部 1 3 と、制御部 1 4 と、を備えて構成されている。この制御装置 1 0 は、例えば、タブレット端末やスマートフォン、パーソナルコンピューター等の端末装置を用いてもよく、超音波プローブ 2 を操作するための専用端末装置であってもよい。なお、制御装置 1 0 は、本発明の画像表示装置に相当する。

40

操作部 1 1 は、ユーザーが超音波測定装置 1 を操作するための U I ( user interface ) であり、例えば表示部 1 2 上に設けられたタッチパネルや、操作ボタン、キーボード、マウス等により構成することができる。

表示部 1 2 は、例えば液晶ディスプレイ等により構成され、画像を表示させる。

記憶部 1 3 は、超音波測定装置 1 を制御するための各種プログラムや各種データを記憶する。

50

制御部 1 4 は、例えば CPU (Central Processing Unit) 等の演算回路や、メモリー等の記憶回路により構成されている。そして、制御部 1 4 は、記憶部 1 3 に記憶された各種プログラムを読み込み実行することで、選択制御部 1 4 1、送受信制御部 1 4 2、角度設定部 1 4 3、及び表示制御部 1 4 4 として機能し、超音波デバイス 2 3 及び表示部 1 2 を制御する。

#### 【 0 0 5 0 】

選択制御部 1 4 1 は、選択回路 2 5 1 を制御し、複数の超音波素子アレイ 2 4 のうちから超音波の送受信を行わせる超音波素子アレイ 2 4 を一つ選択し、超音波の送信時に送信接続に切り替え、超音波の受信時には受信接続に切り替える。また、選択制御部 1 4 1 は、一つの超音波素子アレイ 2 4 における超音波の送受信が終了したら、超音波の送受信を行わせる超音波素子アレイ 2 4 を変更する。本実施形態では、例えば、選択制御部 1 4 1 は、超音波素子アレイ 2 4 A , 2 4 B , 2 4 C を順に選択する。

10

#### 【 0 0 5 1 】

送受信制御部 1 4 2 は、超音波の送信及び受信を制御する。送受信制御部 1 4 2 は、例えば、選択回路 2 5 1 を制御して、超音波の送信時に超音波デバイス 2 3 と送信回路 2 5 2 とを接続させ、超音波の受信時には超音波デバイス 2 3 と受信回路 2 5 3 と接続させる。また、送受信制御部 1 4 2 は、送信回路 2 5 2 に対して送信信号の生成及び出力処理の制御を行い、受信回路 2 5 3 に対して受信信号の周波数設定やゲイン設定などの制御を行う。

また、送受信制御部 1 4 2 は、角度設定部 1 4 3 によって設定された超音波の送信角度の設定値に基づいて、各超音波素子アレイ 2 4 A , 2 4 B , 2 4 C の超音波の送信角度を制御する。

20

#### 【 0 0 5 2 】

角度設定部 1 4 3 は、各超音波素子アレイ 2 4 A , 2 4 B , 2 4 C の超音波の送信角度を設定する。角度設定部 1 4 3 は、例えば Z 方向における超音波素子アレイ 2 4 A , 2 4 B , 2 4 C と、測定位置との間の距離に基づいて、各超音波素子アレイ 2 4 A , 2 4 B , 2 4 C の送信角度を設定する。

また、本実施形態では、後述するように、角度設定部 1 4 3 は、第一超音波素子アレイ 2 4 A 及び第三超音波素子アレイ 2 4 C の送信角度を、Y 方向における、超音波デバイス 2 3 の中心 (第二超音波素子アレイ 2 4 B の中心) からの距離に応じて設定する。

30

#### 【 0 0 5 3 】

表示制御部 1 4 4 は、各超音波素子アレイ 2 4 A , 2 4 B , 2 4 C の超音波測定の結果に基づいて、超音波画像 (例えば B モード画像) を生成する。また、表示制御部 1 4 4 は、生成した超音波画像を表示部 1 2 に表示させる。

#### 【 0 0 5 4 】

[ 超音波測定装置における超音波測定処理 ]

図 7 は、超音波測定装置 1 における超音波測定処理の一例を示すフローチャートである。

図 8 及び図 9 は、図 7 に示す超音波測定処理における超音波素子アレイ 2 4 を模式的に示す図である。

40

以下、超音波測定装置 1 における超音波測定処理について説明する。なお、本実施形態の超音波測定装置 1 は、例えば、穿刺針を生体内の所定の器官 (例えば血管) に挿入する穿刺作業を行う際に用いることができる。つまり、施術者が、穿刺針を X 方向に沿って生体内に挿入する際に、複数の超音波素子アレイ 2 4 による超音波測定結果に基づいて生成され、表示部 1 2 に表示された超音波画像を確認 (観察) することにより、穿刺針の位置をより確実に把握することができる。

#### 【 0 0 5 5 】

図 7 に示すように、まず、超音波測定装置 1 は、各超音波素子アレイ 2 4 の送信角度を設定するための予備測定を行う (ステップ S 1)。

このステップ S 1 では、選択制御部 1 4 1 は、選択回路 2 5 1 を制御し、複数の超音波

50

素子アレイ 2 4 のうち、Y 方向の中央に位置する第二超音波素子アレイ 2 4 B と、送信回路 2 5 2 及び受信回路 2 5 3 のいずれかを接続可能とする。そして、送受信制御部 1 4 2 は、第二超音波素子アレイ 2 4 B を駆動して、超音波を送受信させる。なお、この際、図 8 に示すように、第二超音波素子アレイ 2 4 B が、測定対象 X (観察位置) の直上 (Z 側) に位置するように、超音波プローブ 2 を体表に固定する。超音波プローブ 2 の固定位置の調整は、例えば、施術者が、予備測定時に取得された超音波画像を参照することにより実施される。

【 0 0 5 6 】

次に、角度設定部 1 4 3 は、図 8 に示すように、測定対象 X と超音波素子アレイ 2 4 との Z 方向の距離  $h_2$  に基づいて、第一超音波素子アレイ 2 4 A 及び第三超音波素子アレイ 2 4 C の送信角度を設定する (ステップ S 2)。

ここで、図 8 では、第一超音波素子アレイ 2 4 A 及び第三超音波素子アレイ 2 4 C の超音波の送信方向をそれぞれ  $D_1$ 、 $D_3$  とし、送信角度の大きさを  $\theta_1$  として図示している。また、図 8 では、YZ 面 (各スキャン面に平行な面) への投影視において、次元超音波アレイ 4 7 の中心  $C_2$  を通る第二超音波素子アレイ 2 4 B の法線  $N_2$  における距離  $h_2$  の点 O (図示例では測定対象 X の中心位置を例示) としている。

角度設定部 1 4 3 は、第一超音波素子アレイ 2 4 A の送信方向  $D_1$  を、第一超音波素子アレイ 2 4 A の中心  $C_1$  から点 O に向かうベクトルとして設定する。そして、角度設定部 1 4 3 は、第一超音波素子アレイ 2 4 A の送信角度  $\theta_1$  を、下記式 (3) を満たす  $\theta_1$  として設定する。本実施形態では、 $P_y = y$  であるので、下記式 (4) を満たす  $\theta_1$  として設定される。

また、角度設定部 1 4 3 は、第三超音波素子アレイ 2 4 C の送信方向  $D_3$  と、送信角度  $\theta_1$  も同様に設定する。つまり、送信方向  $D_3$  は、第三超音波素子アレイ 2 4 C の中心  $C_3$  から点 O に向かうベクトルとして設定され、送信角度  $\theta_1$  は、下記式 (3)、(4) を満たすように設定される。

【 0 0 5 7 】

[ 数 3 ]

$$\tan \theta_1 = P_y / h_2 \quad \dots (3)$$

$$\tan \theta_1 = y / h_2 \quad \dots (4)$$

【 0 0 5 8 】

このように、本実施形態では、第二超音波素子アレイ 2 4 B を Y 方向に沿って挟むように配置された各超音波素子アレイ 2 4 A、2 4 C の送信角度及び各送信方向  $D_1$ 、 $D_3$  は、XY 面への投影視において、法線  $N_2$  に対して対称となる。つまり、角度設定部 1 4 3 は、Z 方向における超音波素子アレイ 2 4 及び測定対象 X の間の距離  $h_2$  と、Y 方向における中心  $C_2$  及び各超音波素子アレイ 2 4 の中心間の距離 (配置間隔長  $P_y$ ) と、に基づいて送信角度  $\theta_1$  を設定している。

【 0 0 5 9 】

なお、超音波素子アレイ 2 4 及び測定対象 X の間の距離  $h_2$  は、施術者によって指定された測定位置の座標に基づいて算出してもよい。なお、測定位置の座標は、例えば、施術者が表示部 1 2 に表示された超音波画像を観察しながら、操作部 1 1 の操作により測定位置を指定することによって取得される。

また、制御装置 1 0 は、予備測定の結果に基づいて、例えば超音波画像におけるエッジ検出やパターン検出等により血管等の測定対象の位置を検出し、検出結果に応じて送信角度を算出し、設定する。

【 0 0 6 0 】

次に、選択制御部 1 4 1 は、超音波を送受信させる超音波素子アレイ 2 4 を選択する (ステップ S 3)。なお、本実施形態では例えば、第一超音波素子アレイ 2 4 A、第二超音波素子アレイ 2 4 B、及び第三超音波素子アレイ 2 4 C を順に駆動する。

【 0 0 6 1 】

次に、送受信制御部 1 4 2 は、ステップ S 3 で選択された超音波素子アレイ 2 4 を駆動

10

20

30

40

50

して超音波を送受信する（ステップS4）。ステップS4では、先ず、送受信制御部142は、駆動対象の超音波素子アレイ24を駆動させて、図9に示すように、超音波を送信する。ここで、上記式(3)、(4)を満たすように各超音波素子アレイ24の送信角度 $\theta_1$ が設定されており、超音波素子アレイ24A、24B、24Cの各測定領域F1、F2、F3が重畳する重畳領域F6の略中央位置に測定対象Xが配置されている。そして、駆動対象の超音波素子アレイ24は、測定対象Xからの反射波を受信する。受信回路253は、超音波素子アレイ24からの受信信号に各種処理を施し、制御装置10に出力する。

#### 【0062】

次に、表示制御部144は、超音波素子アレイ24の超音波測定の結果に基づいて、超音波画像（例えばBモード画像）を生成し、生成した超音波画像を表示部12に表示させる（ステップS5）。なお、本実施形態では、超音波画像を表示する構成を例示しているが、制御装置10は、測定結果を表示させずに記憶部13に記憶してもよい。

10

#### 【0063】

次に、角度設定部143は、超音波の送信角度を変更する必要があるか否かを判定する（ステップS6）。

例えば、図9に示すように、測定対象Xの位置が変化して重畳領域F6の外側に移動すると、各超音波素子アレイ24によって、測定対象Xを測定することができない。図9では、第一及び第三超音波素子アレイ24A、24Cでは、測定対象Xを測定することができないため、第一及び第三超音波素子アレイ24A、24Cを再設定する必要がある。

20

角度設定部143は、例えば、施術者による入力操作によって、角度設定の指示を受けている場合に、ステップS6においてYESと判定する。また、例えば、角度設定部143は、第二超音波素子アレイ24Bの測定結果に基づいて、測定対象XのZ方向の位置が、所定値以上（例えば、重畳領域F6のZ方向の幅の50%以上）変化した場合に、ステップS6でYESと判定する。なお、重畳領域F6のZ方向の幅 $h_3$ は、例えば、下記式(5)として概算することができる。

#### 【0064】

[数4]

$$h_3 = y_a \times \cot \theta_1 \cdots (5)$$

#### 【0065】

ステップS6でYESと判定されると、制御部14は、ステップS2以降の処理を実行する。つまり、図9に示すように、ステップS2において、角度設定部143は、移動後の測定対象Xが重畳領域に含まれるように、第一及び第三超音波素子アレイ24A、24Cの送信角度を再設定する。

30

一方、ステップS6でNOと判定されると、制御部14は、測定終了の指示を受けたか否かを判定する（ステップS7）。ステップS7でNOと判定されると、制御部14は、ステップS3以降の処理を実行し、YESと判定されると、制御部14は、超音波測定処理を終了させる。

#### 【0066】

[第一実施形態の作用効果]

複数の超音波素子アレイ24は、超音波送受部46がY方向に配列されている。これら複数の超音波素子アレイ24は、Y方向に互いに重ならず、干渉しない位置に配置されている。つまり、一つの超音波素子アレイ24と、当該超音波素子アレイ24に対してYに隣り合う他の超音波素子アレイ24とは、Y方向において隣接して又は離間して配置されている。また、複数の超音波素子アレイ24は、X方向へ互いに異なる位置に配置されている。

40

このような超音波素子アレイ24は、所定の外形寸法を有する。このため、X方向に超音波素子アレイ24を並べる場合では、走査面SCの間隔は、超音波素子アレイ24の幅寸法より小さくできず、測定位置間隔が広がる。これに対して、本実施形態では、超音波素子アレイ24がY方向に互いに重ならない位置に配置されているため、X方向に隣り

50

合う超音波素子アレイを任意の位置で配置することができる。したがって、走査面SC間の距離、つまり測定位置間隔を自由に設定できる。つまり、X方向に互いに重なる位置に配置することができ、超音波素子アレイ24の外形寸法よりも小さくすることもできる。

また、各超音波素子アレイ24が予め所定の位置関係で配置されているため、超音波素子アレイ24を移動させたり、回動させたりして、走査面SCを任意の位置に移動させようとする構成と比べて、振動等による影響がなく、高精度の超音波測定を実施できる。

#### 【0067】

以上のように、本実施形態によれば、測定位置間隔を狭くしつつ、高精度の超音波測定を実施することができる。また、測定結果に基づいた超音波画像を表示させることができる。したがって、高精度かつ狭い間隔で取得された超音波画像を表示させることができ、観察者への視認性を向上させることができる。

10

#### 【0068】

本実施形態では、超音波素子アレイ24は、予め設定された送信角度範囲に基づく測定領域を有する。そして、各超音波素子アレイ24の測定領域における重畳領域が、X方向に配置される。したがって、X方向に沿った複数の測定位置で超音波測定を実施することができる。

また、本実施形態では、超音波素子アレイ24のX方向の長さ寸法x、X方向の配置間隔長Px、及び超音波素子アレイ24の配列数nが、 $(n - 1) \times Px$  xの関係を満たす。これにより、X方向の長さ寸法xの範囲においてn個の測定位置で超音波測定を実施することができる。

20

#### 【0069】

本実施形態では、法線Nに沿う方向における超音波素子アレイ24と重畳領域との距離が、目的値h1以下である。つまり、超音波デバイス23は、上記距離が予め設定された目的値h1以下となる超音波の送信角度範囲、超音波素子アレイ24の外形寸法、複数の超音波素子アレイ24の位置関係を有する。このような構成では、超音波素子アレイ24と測定対象Xとの距離に応じて目的値を設定することにより、各超音波素子アレイ24の重畳領域内に測定対象Xを配置することができ、複数の測定位置で測定対象Xの超音波測定を実施できる。

#### 【0070】

本実施形態では、超音波素子アレイ24の送信角度範囲が $\pm 45^\circ$ 以内の範囲である。このように超音波素子アレイ24の送信角度の大きさを $45^\circ$ 以内とすることにより、超音波素子アレイ24によって送信された超音波を所望の位置に収束させることができ、また、測定対象で反射した超音波を適切に受信でき、高精度の超音波測定を実施できる。

30

#### 【0071】

本実施形態では、Y方向に三列の超音波素子アレイ24が配置されている。このような構成では、各超音波素子アレイ24のY方向の距離が離れることを抑制でき、超音波の送信角度の増大を抑制できる。したがって、送信角度が増大することによる超音波の減衰を抑制しながら、測定位置間隔を狭くできる。また、本実施形態では、第二超音波素子アレイ24Bの下方に測定対象を配置しても用いることにより、第二超音波素子アレイ24Bの送信角度を $0^\circ$ とすることができ、第二超音波素子アレイ24Bの測定精度の低下を抑制できる。また、第二超音波素子アレイ24Bに隣接する他の超音波素子アレイ24の超音波の送信角度を同じ大きさとすることにより、一方のみ超音波素子アレイの測定精度が低下することを抑制できる。したがって、測定間隔をより確実に狭めることができる。

40

#### 【0072】

ここで、本実施形態では角度設定部143によって、超音波の送信角度を変更することができるため、超音波の送信角度に応じた測定領域の位置を変更することができる。例えば、超音波素子アレイ24の測定領域内に測定対象が配置されるように、各超音波素子アレイの超音波の送信角度を設定することができる。

ここで、角度設定部143は、測定位置と超音波素子アレイ24との距離h2に基づいて送信角度を設定する。例えば、距離h2が近い場合は、超音波素子アレイ24の送信角

50

度を大きくし、距離  $h_2$  が遠ければ、送信角度を小さくすることにより、各超音波素子アレイ 24 の測定領域を、上記距離に応じて適切に設定することができる。これにより、超音波素子アレイ 24 と測定対象との距離が変動した場合でも、測定対象の位置に測定位置を設定することができ、超音波測定を適切に実施できる。

【0073】

[第二実施形態]

次に、第二実施形態について説明する。

上記第一実施形態では、Y方向に三つの超音波素子アレイ 24 が配置され構成されていた、つまり奇数個の超音波素子アレイ 24 が配置され構成されていた。これに対して、第二実施形態では偶数個、例えば二つの超音波素子アレイ 24 が配置され構成されている点

10

で相違する。以下、本実施形態に係る受信用トランスデューサーについて説明する。なお、以降の説明にあたり、第一実施形態と同様の構成については、同符号を付し、その説明を省略又は簡略化する。

【0074】

図 10 は、第二実施形態における超音波デバイス 23 A における各超音波素子アレイ 24 を模式的に示す図である。

図 10 に示す超音波デバイス 23 A は、第一超音波素子アレイ 24 A 及び第二超音波素子アレイ 24 B を備える。なお、第三超音波素子アレイ 24 C を備えていない点を除く、第一実施形態の超音波デバイス 23 と同様に構成される。

20

本実施形態の超音波測定装置では、図 10 に示すように、Y方向における第一超音波素子アレイ 24 A と第二超音波素子アレイ 24 B との間を通り、XZ面に平行な仮想面上に測定対象 X を配置する。つまり、YZ面（各スキャン面に平行な面）への投影視において、Y方向における第一超音波素子アレイ 24 A と第二超音波素子アレイ 24 B との間を通る各超音波素子アレイ 24 の法線 N3 上に測定対象 X を配置する。

【0075】

ここで、本実施形態のように偶数個（つまり配列数が  $n = 2K$ 、本実施形態では  $K = 1$ ）の超音波素子アレイ 24 を有する場合の各超音波素子アレイ 24 の測定領域が重畳する重畳領域と、超音波素子アレイ 24 との Z 方向における距離の最小距離  $h$  は、第一実施形態と同様に、下記式（6）で示される。本実施形態においても、この距離  $h$  が、測定距離の目的値以下となるように、超音波素子アレイ 24 の第一寸法  $y$ 、一次元超音波アレイ 47 の寸法  $y_a$ 、及び送信角度  $\theta_M$  が設定されている。

30

【0076】

[数 5]

$$h = \{ Ky - (y - y_a) / 2 \} \times \cot \theta_M \quad \dots (6)$$

【0077】

また、超音波測定処理において、角度設定部 143 は、第一実施形態と同様に、第一超音波素子アレイ 24 A と第二超音波素子アレイ 24 B との送信角度  $\theta_2$  は、第一実施形態の送信角度  $\theta_1$  と略同様に、下記式（7）を満たすように設定されている。

ここで、本実施形態では、第一超音波素子アレイ 24 A と法線 N3 の距離は、第一実施形態の第一超音波素子アレイ 24 A と法線 N2 との距離よりも小さい。このため、測定対象の深さが同一の条件では、第二実施形態では、例えば、第一実施形態の第一超音波素子アレイ 24 A の送信角度よりも送信角度を小さくすることができる。

40

【0078】

[数 6]

$$\tan \theta_2 = (Py / 2) / h_2 \quad \dots (7)$$

【0079】

なお、超音波デバイス 23 A を備える超音波測定装置においても、第二超音波素子アレイ 24 B の直下に測定対象 X を配置することにより、第一実施形態と同様に、超音波測定処理を行うことができる。なお、第一超音波素子アレイ 24 A の直下に測定対象 X を配置

50

する場合でも同様である。

【 0 0 8 0 】

[ 第二実施形態の作用効果 ]

本実施形態では、Y方向に二列の超音波素子アレイ24が配置されている。このような構成では、各超音波素子アレイ24のY方向の距離をより小さくすることができ、超音波の送信角度の増大を抑制できる。したがって、送信角度が増大することによる超音波の減衰を抑制しながら、測定位置間隔を狭くできる。

また、二つの超音波素子アレイ24の超音波の送信角度を同一とすることにより、各超音波素子アレイ24のうち一方の超音波測定精度が低下することを抑制できる。また、これにより超音波画像の画質を均一にすることができる。さらに、略同じ角度で取得された二つの超音波画像に対して同様の画像処理を行うことにより、処理を簡略化できる。

10

【 0 0 8 1 】

[ 第三実施形態 ]

次に、第三実施形態について説明する。

上記第一実施形態では、Y方向に三つの超音波素子アレイ24が配置され構成されていた。これに対して、第三実施形態では、五以上の奇数個の超音波素子アレイ24が配置され構成されている点で相違する。

【 0 0 8 2 】

図11は、第三実施形態の超音波デバイス23Bを-Z側から見た際の超音波素子アレイ24を模式的に示す平面図である。

20

図11に示す超音波デバイス23Bは、第一実施形態の第一超音波素子アレイ24A、第二超音波素子アレイ24B、及び第三超音波素子アレイ24Cに加え、第四超音波素子アレイ24D及び第五超音波素子アレイ24Eを備える。

本実施形態においても各超音波素子アレイ24が、Y方向(スキャン方向)に隣接して配置され、X方向に配置間隔長Pxで配置されている。本実施形態では、X方向の配置間隔長Px = x / 5である。

これらのうち、第四超音波素子アレイ24Dは、第一超音波素子アレイ24Aの-Y側に配置されている。これら第一超音波素子アレイ24Aと第四超音波素子アレイ24Dとの、X方向における走査面SC間隔はPxである。

また、第五超音波素子アレイ24Eは、第三超音波素子アレイ24Cの+Y側に配置されている。これら第三超音波素子アレイ24Cと第五超音波素子アレイ24Eとの、X方向における走査面SC間隔はPxである。

30

【 0 0 8 3 】

図12は、図11に示す複数の超音波素子アレイ24を-X側から見た際の側面図である。

図12に示すように、各超音波素子アレイ24の測定領域が重畳する重畳領域F7に測定対象Xが配置されている。図12に示すように、各超音波素子アレイ24の送信角度が設定されている。なお、第四超音波素子アレイ24D及び第五超音波素子アレイ24Eの送信角度θ3は、下記式(8)を満たすθ3として設定されている。この送信角度θ3は、第一超音波素子アレイ24A及び第三超音波素子アレイ24Cの送信角度θ2よりも大きい。

40

【 0 0 8 4 】

[ 数7 ]

$$\tan \theta_3 = 2 P y / h_2 \cdots (8)$$

【 0 0 8 5 】

[ 第三実施形態の作用効果 ]

本実施形態では、Y方向に五列の超音波素子アレイ24が配置されている。このような構成では、測定位置間隔を著しく狭くできる。また、本実施形態は、Y方向に奇数列の超音波素子アレイ24が配置されているため、中央に配置された超音波素子アレイ24の直下に測定対象を配置することにより、当該超音波素子アレイ24の超音波の送信角度を0

50

。とすることができる。また、中央に配置された超音波素子アレイ 2 4 を挟むように二組の超音波素子アレイ 2 4 が配置されており、各組において超音波素子アレイ 2 4 は、超音波デバイス 2 3 の中央部から等距離に配置されている。つまり、各組において、超音波素子アレイ 2 4 から測定位置までの距離が略同じである。したがって、各組において、超音波の送信角度を同じとすることができ、略同等の精度で超音波測定を実施することができる。

#### 【 0 0 8 6 】

##### [ 変形例 ]

なお、本発明は上述の各実施形態に限定されるものではなく、本発明の目的を達成できる範囲での変形、改良、及び各実施形態を適宜組み合わせる等によって得られる構成は本発明に含まれるものである。

例えば、上記各実施形態では、2、3又は5個の超音波素子アレイ 2 4 が Y 方向に配列されていたが、超音波素子アレイ 2 4 の配列数はこれに限定されず、任意の数の超音波素子アレイ 2 4 が配置することができる。

#### 【 0 0 8 7 】

図 1 3 は、複数の超音波素子アレイ 2 4 の配置位置の一変形例を示す図である。

上記各実施形態では、複数の超音波素子アレイ 2 4 は、X 方向において超音波素子アレイ 2 4 の第二寸法 x よりも小さい範囲内で、Y 方向に沿って配置されている構成を例示したが、これに限定されない。例えば、図 1 3 に示すように、上述のように Y 方向に沿って配置された超音波素子アレイ 2 4 の列（以下、超音波素子アレイ列とも称す）が、X 方向（スライス方向）に並置される構成としてもよい。また、複数の超音波素子アレイ 2 4 が、X 方向において超音波素子アレイ 2 4 の第二寸法 x よりも大きい範囲に亘って配置されてもよい。このような構成でも、単に、スライス方向に複数の超音波素子アレイ 2 4 が配置される構成と比べて、走査面間隔を短くすることができる。

#### 【 0 0 8 8 】

つまり、本発明は、複数の超音波素子アレイのうち、第一の超音波素子アレイと、第一方向の投影視において当該第一の超音波素子アレイに重なる第二の超音波素子アレイと、を含むことを特徴としている。これにより、第二方向に2つの超音波素子アレイを配置した構成と比べて、第二方向における、第一の超音波素子アレイ及び第二の超音波素子アレイの走査面間の距離を短くすることができる。

#### 【 0 0 8 9 】

上記各実施形態では、複数の超音波素子アレイ 2 4 のうち Y 方向に隣り合う超音波素子アレイ 2 4 は、互いに一部が接するように配置されているが、これに限定されない。例えば、Y 方向に隣り合う超音波素子アレイ 2 4 の配置位置が、Y 方向に離間していてもよい。

上記各実施形態では、超音波素子アレイ 2 4 の全てにおいて、外形寸法が同じである構成を例示したが、異なる寸法の超音波素子アレイを組み合わせた構成でもよい。

#### 【 0 0 9 0 】

上記各実施形態では、複数の超音波素子アレイ 2 4 の測定領域が、互いに X 方向（スライス方向）に重畳している構成を例示したが、これに限定されない。つまり、複数の超音波素子アレイ 2 4 のうちの一部の測定領域が、互いに重畳する構成としてもよい。また、全ての超音波素子アレイ 2 4 の測定領域が X 方向に重畳していなくてもよい。例えば、X 方向及び Y 方向に交差する方向に沿って測定領域が重畳している場合、当該交差する方向における走査面間の距離を、従来構成よりも短くすることができる。

#### 【 0 0 9 1 】

上記各実施形態では、超音波素子アレイ 2 4 の超音波の送信角度範囲を、一次元超音波アレイ 4 7 の法線方向に対して  $\pm 45^\circ$  の範囲とする構成を例示したが、これに限定されない。超音波の送信角度の大きさの最大値が、 $45^\circ$  よりも小さくてもよいし、 $45^\circ$  よりも大きくてもよい。なお、最大値を  $45^\circ$  とすることにより、 $45^\circ$  よりも小さい場合と比べて、超音波の走査範囲を十分に確保することができる。また、送信角度を  $45^\circ$  以

10

20

30

40

50

下とすることにより、45°よりも大きくすることによる分解能の低下を抑制できる。

【0092】

上記各実施形態では、超音波デバイス23が、Z方向の測定可能距離が、予め設定された目的値以下となるように構成されていたが、これに限定されず、目的値以下となるように構成されていなくてもよい。つまり、目的値を定めず、超音波素子アレイ24のサイズや、超音波の送信角度の変更範囲に応じて定まる測定可能距離の範囲で、超音波測定を実施する構成でもよい。

【0093】

上記各実施形態では、超音波トランスデューサー45として、振動膜412と、当該振動膜412上に形成された圧電素子413と、を備える構成を例示したが、これに限定されない。例えば、超音波トランスデューサー45として、振動膜と、当該振動膜を振動させる振動子（例えば静電アクチュエーター等）と、を備える構成を採用してもよい。

【0094】

上記各実施形態では、生体内の器官を測定対象とする超音波測定装置を例示したが、これに限定されない。例えば、各種構造物を測定対象として、当該構造物の欠陥の検出や老朽化の検査を行う測定機に、本発明を適用することができる。また、例えば、半導体パッケージやウェハ等を測定対象として、当該測定対象の欠陥を検出する測定機にも本発明を適用することができる。

【0095】

その他、本発明の実施の際の具体的な構造は、本発明の目的を達成できる範囲で上記各実施形態及び変形例を適宜組み合わせることで構成してもよく、また他の構造などに適宜変更してもよい。

【符号の説明】

【0096】

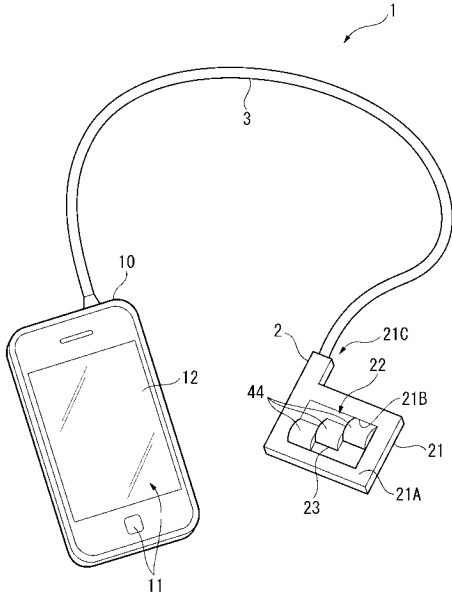
1...超音波測定装置、10...制御装置、12...表示部、14...制御部、23, 23A, 23B...超音波デバイス、24, ...超音波素子アレイ、24A...第一超音波素子アレイ、24B...第二超音波素子アレイ、24C...第三超音波素子アレイ、24D...第四超音波素子アレイ、24E...第五超音波素子アレイ、24X...超音波素子アレイ、45...超音波トランスデューサー、46...超音波送受部、47...一次元超音波アレイ、143...角度設定部、144...表示制御部、D1...送信方向、D3...送信方向、F1...測定領域、F2...測定領域、F3...測定領域、F4...第一重畳領域、F5...第二重畳領域、F6...重畳領域、F7...重畳領域、N...法線、N2...法線、N3...法線、Px...配置間隔長、Py...配置間隔長、SC...走査面、X...測定対象、h...最小距離、h1...目的値、h2...距離、n...配列数、x...第二寸法、y...第一寸法、ya...寸法、1...送信角度、2...送信角度、3...送信角度、M...送信角度。

10

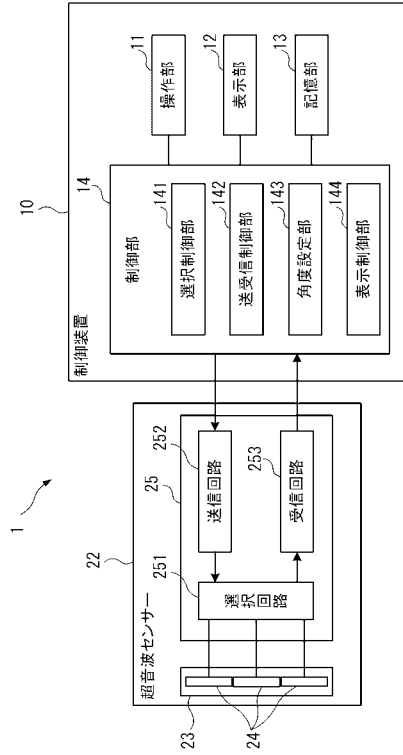
20

30

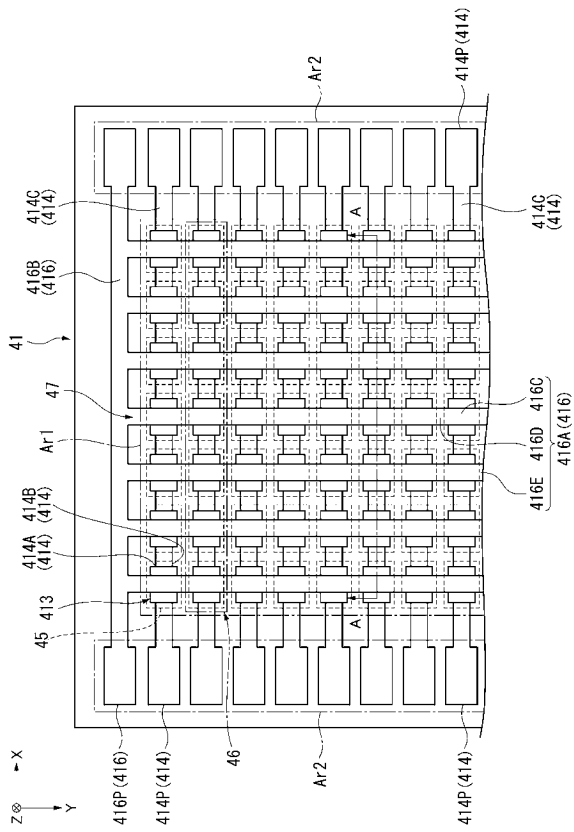
【 図 1 】



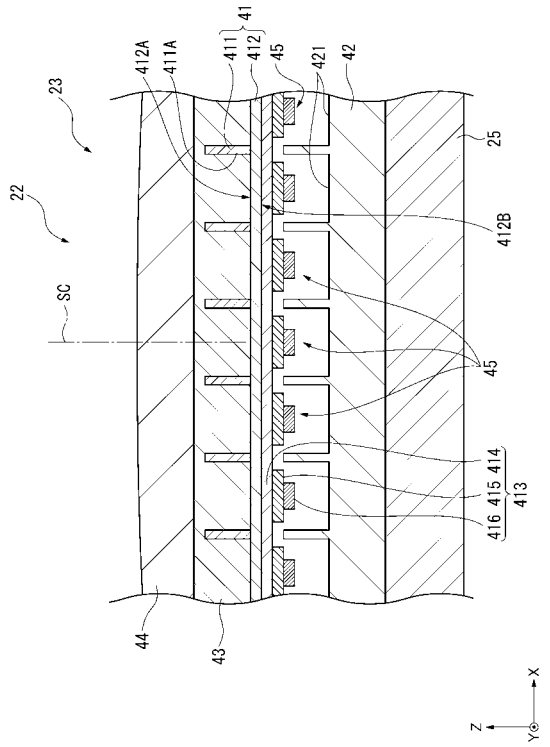
【 図 2 】



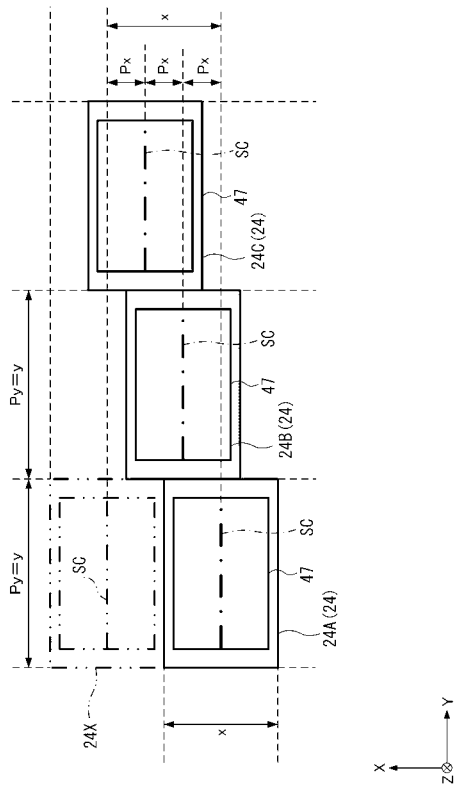
【 図 3 】



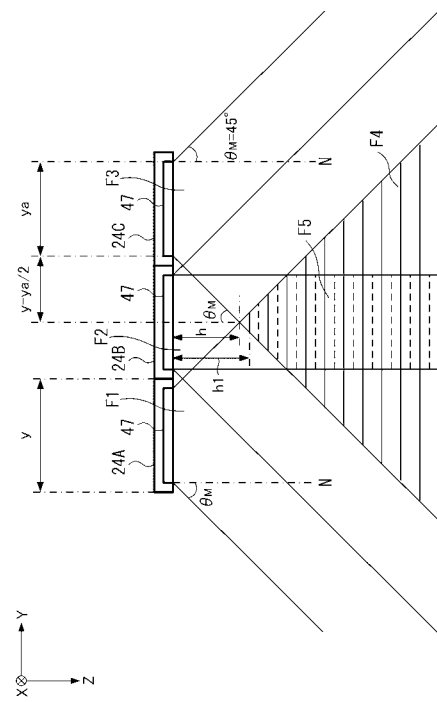
【 図 4 】



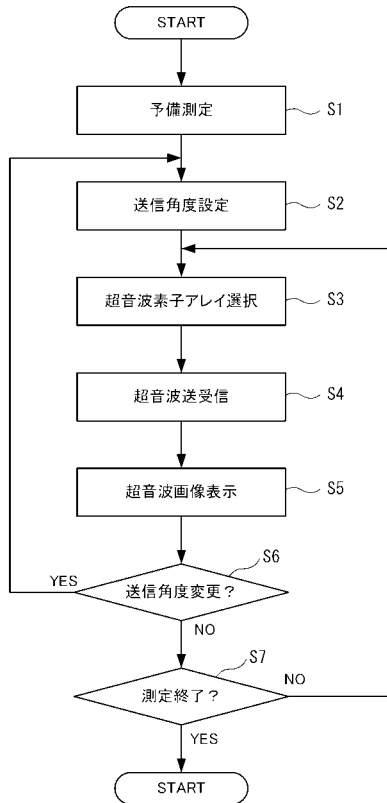
【 図 5 】



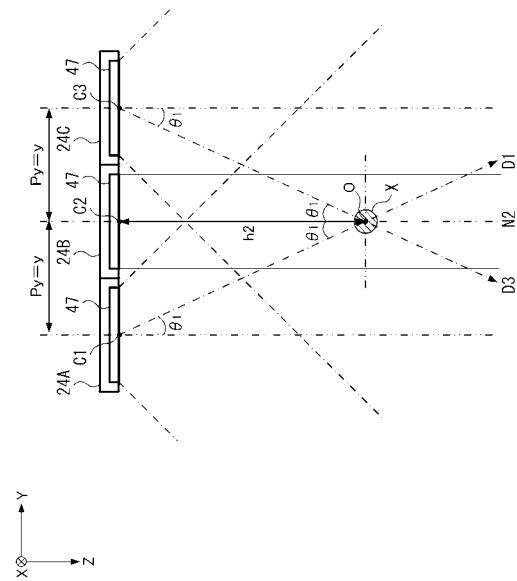
【 図 6 】



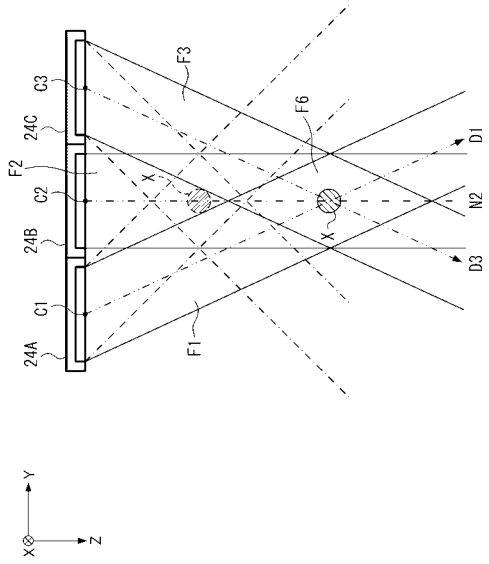
【 図 7 】



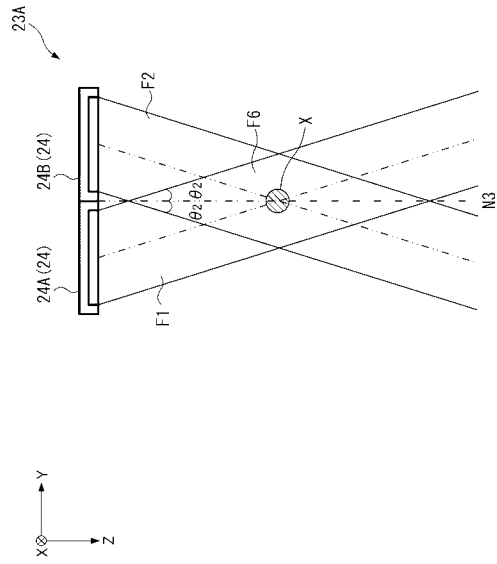
【 図 8 】



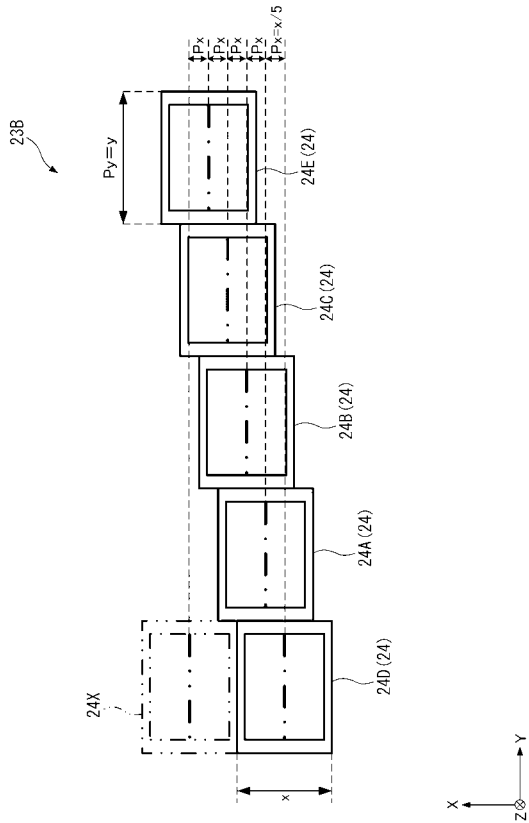
【 図 9 】



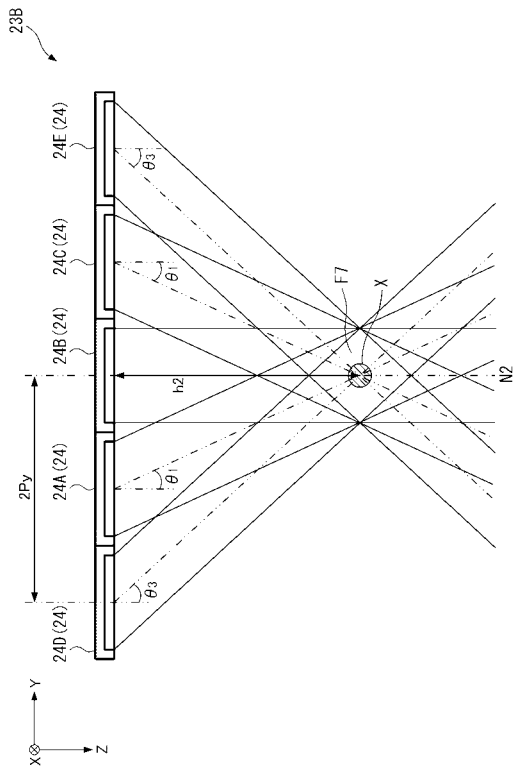
【 図 10 】



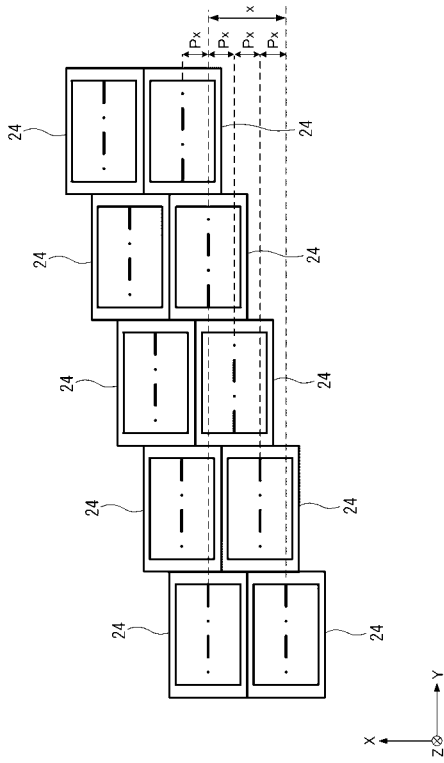
【 図 11 】



【 図 12 】



【 図 1 3 】



【 手続補正書 】

【 提出日 】 平成29年2月21日 (2017.2.21)

【 手続補正 1 】

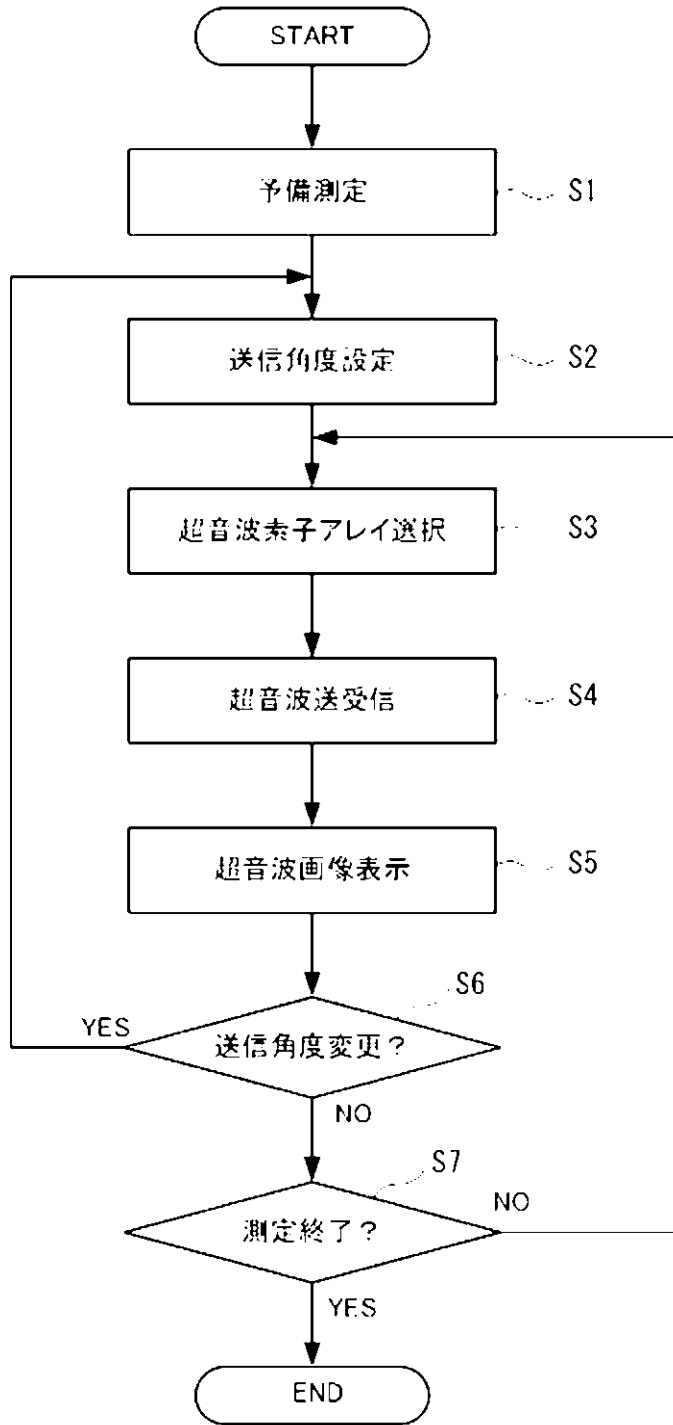
【 補正対象書類名 】 図面

【 補正対象項目名 】 図 7

【 補正方法 】 変更

【 補正の内容 】

【図7】



专利名称(译)	超声波装置，超声波测量装置和超声波图像显示装置		
公开(公告)号	<a href="#">JP2017176311A</a>	公开(公告)日	2017-10-05
申请号	JP2016065204	申请日	2016-03-29
[标]申请(专利权)人(译)	精工爱普生株式会社		
申请(专利权)人(译)	精工爱普生公司		
[标]发明人	佐藤 竜一		
发明人	佐藤 竜一		
IPC分类号	A61B8/14 H04R17/00		
CPC分类号	G01S7/52004 A61B8/0841 A61B8/4427 A61B8/4444 A61B8/4483 A61B8/4488 A61B8/461 G01S7/52079 G01S15/8915 G01S15/8918 G01S15/8925 G01S15/8927		
FI分类号	A61B8/14 H04R17/00.332.B		
F-TERM分类号	4C601/BB07 4C601/EE11 4C601/EE13 4C601/FF03 4C601/GA40 4C601/GB04 4C601/GB19 4C601/GB20 4C601/GB25 4C601/GB26 4C601/GB33 4C601/GB34 4C601/JC20 4C601/KK12 5D019/BB19 5D019/FF04		
代理人(译)	渡边和明 西田圭介 仲井 智至		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

### 摘要(译)

要解决的问题：提供一种超声波装置，超声波测量装置和超声波图像显示装置，能够在缩小测量位置间隔的同时高精度地进行超声波测量。 解决方案：超声波装置包括多个超声波元件阵列，其中多个超声波元件沿第一方向排列，多个超声波元件阵列处于不在第一方向上相互干扰的位置，并且在与第一方向相交的第二方向上，它们彼此移位。 点域5

