

(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2014-124431

(P2014-124431A)

(43) 公開日 平成26年7月7日(2014.7.7)

(51) Int.Cl.
A61B 8/00 (2006.01)F1
A61B 8/00テーマコード (参考)
4C601

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2012-284486 (P2012-284486)
(22) 出願日 平成24年12月27日 (2012.12.27)(71) 出願人 000002369
セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(74) 代理人 100095728
弁理士 上柳 雅誉
(74) 代理人 100127661
弁理士 宮坂 一彦
(74) 代理人 100116665
弁理士 渡辺 和昭
(72) 発明者 中村 友亮
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 EE09 GB06 GB19 GB20 GB32
GB33 GB41

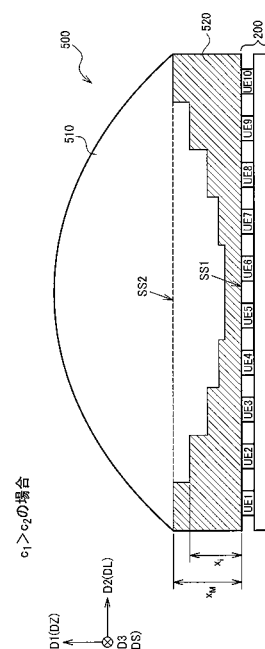
(54) 【発明の名称】 音響レンズ、ヘッドユニット、プローブ、超音波画像装置及び補正部材

(57) 【要約】

【課題】 スライス方向での超音波の出射タイミングが同一でない場合であっても所望のビーム形状を得ることが可能な音響レンズ、ヘッドユニット、プローブ、超音波画像装置及び補正部材等を提供すること。

【解決手段】 音響レンズ500は、第1音速 c_1 の材料で形成される第1部材510と、第1音速 c_1 とは異なる第2音速 c_2 の材料で形成される第2部材520とを含む。基準面SS1に垂直な方向を第1方向D1とし、スライス方向DLに対応する方向を第2方向D2とする。第1部材510は、第2部材520の第1方向D1側に設けられ、第1方向D1側にレンズ曲面が形成されるレンズ構造を有する。第2部材520は、第1方向D1及び第2方向D2がなす面での断面DNMにおいて階段形状である。階段形状の段の高さ x_i は、第2方向D2における端部と中央部とで異なる。

【選択図】 図6



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 音速の材料で形成される第 1 部材と、
前記第 1 音速とは異なる第 2 音速の材料で形成される第 2 部材と、
を含み、

前記第 2 部材の超音波トランスデューサー素子アレイ側の面を基準面とし、前記基準面に垂直な方向を第 1 方向とし、前記超音波トランスデューサー素子アレイのスライス方向に対応する方向を第 2 方向とする場合に、

前記第 1 部材は、前記第 2 部材の前記第 1 方向側に設けられ、前記第 1 方向側にレンズ曲面が形成されるレンズ構造を有し、

前記第 2 部材は、前記第 1 方向及び前記第 2 方向がなす面での断面において階段形状であり、

前記階段形状の段の高さは、前記第 2 方向における端部と中央部とで異なることを特徴とする音響レンズ。

【請求項 2】

請求項 1 において、

前記第 1 音速は、前記第 2 音速よりも速く、

前記階段形状の前記高さは、前記端部から前記中央部に向かって順次低くなることを特徴とする音響レンズ。

【請求項 3】

請求項 1 において、

前記第 1 音速は、前記第 2 音速よりも速く、

前記階段形状の前記高さは、前記第 2 の方向における第 1 端部から前記第 1 端部と第 2 端部の間の中央部に向かって順次低くなり、前記第 2 方向における前記第 2 端部から前記中央部に向かって順次低くなることを特徴とする音響レンズ。

【請求項 4】

請求項 1 において、

前記第 1 音速は、前記第 2 音速よりも遅く、

前記階段形状の前記高さは、前記端部から前記中央部に向かって順次高くなることを特徴とする音響レンズ。

【請求項 5】

請求項 1 において、

前記第 1 音速は、前記第 2 音速よりも遅く、

前記階段形状の前記高さは、前記第 2 方向における第 1 端部から前記第 1 端部と第 2 端部の間の中央部に向かって順次高くなり、前記第 2 方向における前記第 2 端部から前記中央部に向かって順次高くなることを特徴とする音響レンズ。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のいずれかにおいて、

前記超音波トランスデューサー素子アレイは、前記スライス方向に沿って配置される複数の超音波トランスデューサー素子を有し、

前記第 2 部材と前記レンズ曲面との間の、前記基準面に平行な面を第 2 基準面とする場合に、前記階段形状の段の高さは、前記複数の超音波トランスデューサー素子から互いに遅延しながら出射される超音波の波面が前記第 2 基準面において揃う高さに設定されていることを特徴とする音響レンズ。

【請求項 7】

プローブのヘッドユニットであって、

請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載された音響レンズと、

前記スライス方向に沿って配置される複数の超音波トランスデューサー素子を有する前記超音波トランスデューサー素子アレイと、

を含み、

10

20

30

40

50

前記階段形状の各段は、前記複数の超音波トランスデューサー素子の 1 又は複数の素子に対応して設けられることを特徴とするヘッドユニット。

【請求項 8】

請求項 7 において、

前記超音波トランスデューサー素子アレイが配置される基板と、前記基板に配置される第 1 の端子及び第 2 の端子と、前記基板に配置される信号電極線と、を有する超音波トランスデューサーデバイスと、

第 1 の信号線が配置される第 1 のフレキシブル基板と、

第 2 の信号線が配置される第 2 のフレキシブル基板と、

を含み、

前記信号電極線は、前記第 1 の端子及び前記第 2 の端子と前記複数の超音波トランスデューサー素子とを接続し、

前記第 1 の信号線は、一端が前記第 1 の端子に接続され、前記複数の超音波トランスデューサー素子を駆動する駆動信号を前記第 1 の端子に対して供給し、

前記第 2 の信号線は、一端が前記第 2 の端子に接続され、前記駆動信号を前記第 2 の端子に対して供給することを特徴とするヘッドユニット。

【請求項 9】

請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載された音響レンズを含むことを特徴とするプローブ。

【請求項 10】

請求項 9 に記載されたプローブと、

表示用画像データを表示する表示部と、

を含むことを特徴とする超音波画像装置。

【請求項 11】

音響レンズ部材と超音波トランスデューサー素子アレイとの間に設けられる補正部材であって、

第 1 音速の材料で形成される第 1 部材と、

前記第 1 音速とは異なる第 2 音速の材料で形成される第 2 部材と、

を含み、

前記第 2 部材の前記超音波トランスデューサー素子アレイ側の面を基準面とし、前記基準面に垂直な方向を第 1 方向とし、前記超音波トランスデューサー素子アレイのスライス方向に対応する方向を第 2 方向とする場合に、

前記第 1 部材は、前記第 2 部材の前記第 1 方向側に設けられ、

前記第 2 部材は、前記第 1 方向及び前記第 2 方向がなす面での断面において階段形状であり、

前記階段形状の段の高さは、前記第 2 方向における端部と中央部とで異なることを特徴とする補正部材。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、音響レンズ、ヘッドユニット、プローブ、超音波画像装置及び補正部材等に関する。

【背景技術】

【0002】

一般的な配列型の超音波プローブとして、バルク圧電素子をスキャン方向に 1 次元的に配列したプローブが知られている。このような超音波プローブでは、一般的に、スキャン方向におけるビーム形状は電子フォーカスにより収束させ、スキャン方向と直交するスライス方向におけるビーム形状は音響レンズ（例えば特許文献 1、2）により収束させる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

10

20

30

40

50

【特許文献１】特開昭６３－１７７７００号公報

【特許文献２】特開平８－２４２５６号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００４】

さて、超音波トランスデューサー素子（例えば薄膜圧電素子や容量素子等）を２次元アレイ状に配置し、超音波プローブを形成したとする。この場合、スライス方向に沿って複数の素子が並ぶため、その素子列の端部から入力した駆動信号が素子列の中央部に向かって遅延していき、超音波の出射タイミングが素子列の端部と中央部で異なっている。このような超音波プローブに従来の音響レンズを適用すると、上記の出射タイミングの違いによって所望のビーム形状（例えば所望の焦点距離や音圧）が得られないという課題がある。

10

【０００５】

本発明の幾つかの態様によれば、スライス方向での超音波の出射タイミングが同一でない場合であっても所望のビーム形状を得ることが可能な音響レンズ、ヘッドユニット、プローブ、超音波画像装置及び補正部材等を提供できる。

【課題を解決するための手段】

【０００６】

本発明の一態様は、第１音速の材料で形成される第１部材と、前記第１音速とは異なる第２音速の材料で形成される第２部材と、を含み、前記第２部材の超音波トランスデューサー素子アレイ側の面を基準面とし、前記基準面に垂直な方向を第１方向とし、前記超音波トランスデューサー素子アレイのスライス方向に対応する方向を第２方向とする場合に、前記第１部材は、前記第２部材の前記第１方向側に設けられ、前記第１方向側にレンズ曲面が形成されるレンズ構造を有し、前記第２部材は、前記第１方向及び前記第２方向がなす面での断面において階段形状であり、前記階段形状の段の高さは、前記第２方向における端部と中央部とで異なる音響レンズに関係する。

20

【０００７】

本発明の一態様によれば、音響レンズは、音速の異なる第１部材と第２部材とを含む。そして、第２部材は、基準面に垂直な第１方向及びスライス方向に対応する第２方向がなす面での断面において階段形状となり、その階段形状の段の高さは、第２方向における第２部材の端部と中央部とで異なった高さとなる。これにより、スライス方向での超音波の出射タイミングが同一でない場合であっても所望のビーム形状を得ることが可能となる。

30

【０００８】

また本発明の一態様では、前記第１音速は、前記第２音速よりも速く、前記階段形状の前記高さは、前記端部から前記中央部に向かって順次低くなってもよい。

【０００９】

このようにすれば、第１部材よりも音速が遅い第２部材の段の高さが、端部から中央部に向かって順次低くなることで、超音波が第１基準面から第２基準面まで到達する時間が短くなる。これにより、スライス方向に沿って異なる遅延時間で超音波が超音波トランスデューサー素子アレイから出射される場合であっても、その遅延を補正することが可能となる。

40

【００１０】

また本発明の一態様では、前記第１音速は、前記第２音速よりも速く、前記階段形状の前記高さは、前記第２方向における第１端部から前記第１端部と第２端部の間の中央部に向かって順次低くなり、前記第２方向における前記第２端部から前記中央部に向かって順次低くなってもよい。

【００１１】

超音波トランスデューサー素子アレイのスライス方向に沿った超音波トランスデューサー素子列に対して、その両端側から駆動信号を入力した場合には、両端側から中央部に向かって遅延時間が大きくなる。この点、本発明の一態様によれば、第１部材よりも音速が

50

遅い第2部材の段の高さが両端部から中央部に向かって低くなるため、両端側から中央部に向かって大きくなる遅延時間を補正できる。

【0012】

また本発明の一態様では、前記第1音速は、前記第2音速よりも遅く、前記階段形状の前記高さは、前記端部から前記中央部に向かって順次高くなってもよい。

【0013】

このようにすれば、第1部材よりも音速が速い第2部材の段の高さが、端部から中央部に向かって順次高くなることで、超音波が第1基準面から第2基準面まで到達する時間が短くなる。これにより、スライス方向に沿って異なる遅延時間で超音波が超音波トランスデューサー素子アレイから出射される場合であっても、その遅延を補正することが可能となる。

10

【0014】

また本発明の一態様では、前記第1音速は、前記第2音速よりも遅く、前記階段形状の前記高さは、前記第2方向における第1端部から前記第1端部と第2端部の間の中央部に向かって順次高くなり、前記第2方向における前記第2端部から前記中央部に向かって順次高くなってもよい。

【0015】

このようにすれば、第1部材よりも音速が速い第2部材の段の高さが両端部から中央部に向かって低くなる。これにより、スライス方向に沿った超音波トランスデューサー素子列の両端側から駆動信号を入力した場合に、両端側から中央部に向かって大きくなる遅延時間を補正できる。

20

【0016】

また本発明の一態様では、前記超音波トランスデューサー素子アレイは、前記スライス方向に沿って配置される複数の超音波トランスデューサー素子を有し、前記第2部材と前記レンズ曲面との間の、前記基準面に平行な面を第2基準面とする場合に、前記階段形状の段の高さは、前記複数の超音波トランスデューサー素子から互いに遅延しながら出射される超音波の波面が前記第2基準面において揃う高さに設定されてもよい。

【0017】

このようにすれば、スライス方向に沿って配置される複数の超音波トランスデューサー素子の各素子が出射する超音波の遅延を音響レンズの階段形状により補正し、第2基準面で超音波の波面をそろえることができる。これにより、遅延の影響を抑制した所望の超音波ビーム形状を実現できる。

30

【0018】

また本発明の他の態様は、プローブのヘッドユニットであって、上記のいずれかに記載された音響レンズと、前記スライス方向に沿って配置される複数の超音波トランスデューサー素子を有する前記超音波トランスデューサー素子アレイと、を含み、前記階段形状の各段は、前記複数の超音波トランスデューサー素子の1又は複数の素子に対応して設けられるヘッドユニットに関係する。

【0019】

また本発明の他の態様では、前記超音波トランスデューサー素子アレイが配置される基板と、前記基板に配置される第1の端子及び第2の端子と、前記基板に配置される信号電極線と、を有する超音波トランスデューサーデバイスと、第1の信号線が配置される第1のフレキシブル基板と、第2の信号線が配置される第2のフレキシブル基板と、を含み、前記信号電極線は、前記第1の端子及び前記第2の端子と前記複数の超音波トランスデューサー素子とを接続し、前記第1の信号線は、一端が前記第1の端子に接続され、前記複数の超音波トランスデューサー素子を駆動する駆動信号を前記第1の端子に対して供給し、前記第2の信号線は、一端が前記第2の端子に接続され、前記駆動信号を前記第2の端子に対して供給してもよい。

40

【0020】

このようにすれば、スライス方向に沿って配置される複数の超音波トランスデューサー

50

素子を、その両端に接続された第 1 の端子及び第 2 の端子から供給した駆動信号で駆動できる。この場合、複数の超音波トランスデューサー素子の両端側から中央部に向かって超音波の出射タイミングの遅延が大きくなるが、その遅延を音響レンズにより補正することができる。

【0021】

また本発明の更に他の態様は、上記のいずれかに記載された音響レンズを含むプローブに関係する。

【0022】

また本発明の更に他の態様は、上記に記載されたプローブと、表示用画像データを表示する表示部と、を含む超音波画像装置に関係する。

10

【0023】

また本発明の更に他の態様は、音響レンズ部材と超音波トランスデューサー素子アレイとの間に設けられる補正部材であって、第 1 音速の材料で形成される第 1 部材と、前記第 1 音速とは異なる第 2 音速の材料で形成される第 2 部材と、を含み、前記第 2 部材の前記超音波トランスデューサー素子アレイ側の面を基準面とし、前記基準面に垂直な方向を第 1 方向とし、前記超音波トランスデューサー素子アレイのスライス方向に対応する方向を第 2 方向とする場合に、前記第 1 部材は、前記第 2 部材の前記第 1 方向側に設けられ、前記第 2 部材は、前記第 1 方向及び前記第 2 方向がなす面での断面において階段形状であり、前記階段形状の段の高さは、前記第 2 方向における端部と中央部とで異なる補正部材に関係する。

20

【0024】

この本発明の他の態様によれば、補正部材は、音速の異なる第 1 部材と第 2 部材とを含む。そして、第 2 部材は、基準面に垂直な第 1 方向及びスライス方向に対応する第 2 方向がなす面での断面において階段形状となり、その階段形状の段の高さは、第 2 方向における第 2 部材の端部と中央部とで異なった高さとなる。この補正部材を音響レンズ部材と超音波トランスデューサー素子アレイとの間に設けることにより、スライス方向での超音波の出射タイミングが同一でない場合であっても所望のビーム形状を得ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0025】

30

【図 1】図 1 (A) ～図 1 (C) は、超音波素子の構成例。

【図 2】超音波トランスデューサーデバイスの構成例。

【図 3】超音波トランスデューサーデバイスと比較例の音響レンズの模式的な断面図。

【図 4】超音波の出射タイミングの遅延についての説明図。

【図 5】本実施形態の音響レンズの第 1 構成例。

【図 6】本実施形態の音響レンズの第 1 構成例の断面図。

【図 7】本実施形態の音響レンズの第 2 構成例の断面図。

【図 8】階段形状の段の高さの例。

【図 9】音響解析のシミュレーション結果。

【図 10】本実施形態の音響レンズの変形構成例。

40

【図 11】本実施形態の補正部材の構成例。

【図 12】ヘッドユニットの構成例。

【図 13】図 13 (A) ～図 13 (C) は、ヘッドユニットの詳細な構成例。

【図 14】図 14 (A)、図 14 (B) は、超音波プローブの構成例。

【図 15】超音波画像装置の構成例。

【発明を実施するための形態】

【0026】

以下、本発明の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお以下に説明する本実施形態は特許請求の範囲に記載された本発明の内容を不当に限定するものではなく、本実施形態で説明される構成の全てが本発明の解決手段として必須であるとは限らない。

50

【0027】

1. 超音波トランスデューサー素子

図1(A)～図1(C)に、本実施形態の音響レンズが適用される超音波トランスデューサー素子の構成例を示す。この超音波トランスデューサー素子10は、振動膜50(メンブレン、支持部材)と圧電素子部と、を有する。圧電素子部は、第1電極層21(下部電極)、圧電体層30(圧電体膜)、第2電極層22(上部電極)を有する。

【0028】

図1(A)は、基板60(シリコン基板)に形成された超音波トランスデューサー素子10の、素子形成面側の基板に垂直な方向から見た平面図である。図1(B)は、図1(A)のAA'に沿った断面を示す断面図である。図1(C)は、図1(A)のBB'に沿った断面を示す断面図である。

10

【0029】

第1電極層21は、振動膜50の上層に例えば金属薄膜で形成される。この第1電極層21は、図1(A)に示すように素子形成領域の外側へ延長され、隣接する超音波トランスデューサー素子10に接続される配線であってもよい。

【0030】

圧電体層30は、例えばPZT(ジルコン酸チタン酸鉛)薄膜により形成され、第1電極層21の少なくとも一部を覆うように設けられる。なお、圧電体層30の材料は、PZTに限定されるものではなく、例えばチタン酸鉛($PbTiO_3$)、ジルコン酸鉛($PbZrO_3$)、チタン酸鉛ランタン($(Pb, La)TiO_3$)などを用いてもよい。

20

【0031】

第2電極層22は、例えば金属薄膜で形成され、圧電体層30の少なくとも一部を覆うように設けられる。この第2電極層22は、図1(A)に示すように素子形成領域の外側へ延長され、隣接する超音波トランスデューサー素子10に接続される配線であってもよい。

【0032】

振動膜(メンブレン)50は、例えば SiO_2 薄膜と ZrO_2 薄膜との2層構造により開口40を塞ぐように設けられる。この振動膜50は、圧電体層30及び第1、第2電極層21、22を支持すると共に、圧電体層30の伸縮に従って振動し、超音波を発生させることができる。

30

【0033】

開口(空洞領域)40は、シリコン基板60の裏面(素子が形成されない面)側から反応性イオンエッチング(RIE: Reactive Ion Etching)等によりエッチングすることで形成される。この空洞領域40の形成によって振動可能になった振動膜50のサイズによって超音波の共振周波数が決定され、その超音波は圧電体層30側(図1(A)において紙面奥から手前方向)に放射される。

【0034】

超音波トランスデューサー素子10の第1の電極は、第1電極層21により形成され、第2の電極は、第2電極層22により形成される。具体的には、第1電極層21のうちの圧電体層30に覆われた部分が第1の電極を形成し、第2電極層22のうちの圧電体層30を覆う部分が第2の電極を形成する。即ち、圧電体層30は、第1の電極と第2の電極に挟まれて設けられる。

40

【0035】

圧電体層30は、第1の電極と第2の電極との間、即ち第1電極層21と第2電極層22との間に電圧が印加されることで、面内方向に伸縮する。超音波トランスデューサー素子10は、薄手の圧電素子(圧電体層30)と金属板(振動膜50)を貼り合わせたモノモルフ(ユニモルフ)構造を用いており、圧電体層30が面内で伸び縮みすると貼り合わせた振動膜50の寸法はそのままであるため反りが生じる。圧電体層30に交流電圧を印加することで、振動膜50が膜厚方向に対して振動し、この振動膜50の振動により超音波が放射される。この圧電体層30に印加される電圧は、例えば10～30Vであり、周

50

波数は例えば 1 ～ 10 MHz である。

【0036】

2. 超音波トランスデューサデバイス

図 2 に、本実施形態の音響レンズが適用される超音波トランスデューサデバイスの構成例を示す。以下では、超音波トランスデューサ素子アレイ 100 が 8 行 64 列のマトリックス状のアレイである場合を例に説明するが、本実施形態はこれに限定されず、 m 行 n 列の m 、 n は $m = 8$ 及び $n = 64$ 以外の値であってもよい。

【0037】

なお、超音波トランスデューサデバイス 200 としては上述したような圧電素子（薄膜圧電素子）を用いるタイプのトランスデューサを採用できるが、本実施形態はこれに限定されない。例えば c-MUT (Capacitive Micro-machined Ultrasonic Transducers) などの容量性素子を用いるタイプのトランスデューサを採用してもよい。

【0038】

図 2 に示す方向 DS は、超音波ビームのスキャン動作におけるスキャン方向であり、そのスキャン方向 DS に交差（例えば直交）する方向 DL は、超音波ビームのスキャン動作におけるスライス方向である。

【0039】

超音波トランスデューサデバイス 200 は、基板 60 と、基板 60 上に配置される超音波トランスデューサ素子アレイ 100 と、基板 60 上にスライス方向 DL に沿って配線される信号電極線 $LS1 \sim LS64$ と、信号電極線 $LS1 \sim LS64$ の一端に接続される信号端子 $XA1 \sim XA64$ と、信号電極線 $LS1 \sim LS64$ の他端に接続される信号端子 $XB1 \sim XB64$ と、を含む。また超音波トランスデューサデバイス 200 は、基板 60 上にスライス方向 DL に沿って配線されるコモン電極線 $LC1$ 、 $LC2$ と、コモン電極線 $LC1$ 、 $LC2$ の一端に接続されるコモン端子 $XC1$ 、 $XC2$ と、コモン電極線 $LC1$ 、 $LC2$ の他端に接続されるコモン端子 $XC3$ 、 $XC4$ と、一端がコモン電極線 $LC1$ に接続され、他端がコモン電極線 $LC2$ に接続されるコモン電極線 $LY1 \sim LY8$ と、を含む。

【0040】

超音波トランスデューサ素子アレイ 100 は、スキャン方向 DS に沿って配置される 64 列の超音波素子列 SR を有し、超音波素子列 SR は、スライス方向 DL に沿って配置される 8 個の超音波トランスデューサ素子を有する。即ち、超音波トランスデューサ素子アレイ 100 には、8 行 64 列のマトリックス状に超音波トランスデューサ素子 10 が配置されている。第 1 ～ 第 64 列の超音波トランスデューサ素子 10 の一方の電極（例えば下部電極）には、それぞれ信号電極線 $LS1 \sim LS64$ が接続され、第 1 ～ 第 8 行の超音波トランスデューサ素子 10 の他方の電極（例えば上部電極）には、それぞれコモン電極線 $LY1 \sim LY8$ が接続される。

【0041】

この信号電極線 $LS1 \sim LS64$ は、図 1 (A) ～ 図 1 (C) の第 1 電極層 21 及び第 2 電極層 22 の一方が基板 60 上に信号端子 $XA1 \sim XA64$ 、 $XB1 \sim XB64$ まで延在形成されることにより、形成される。ここで、「基板 60 上に延在形成される」とは、例えば MEMS プロセスや半導体プロセス等によって基板に導電層（配線層）が積層され、その導電層により少なくとも 2 点間（例えば超音波トランスデューサ素子から信号端子まで）が接続されていることである。またコモン電極線 $LY1 \sim LY8$ は、第 1 電極層 21 及び第 2 電極層 22 の他方が基板 60 上にコモン電極線 $LC1$ 、 $LC2$ まで延在形成されることにより、形成される。

【0042】

信号端子 $XA1 \sim XA64$ 、 $XB1 \sim XB64$ には、超音波トランスデューサ素子アレイ 100 を駆動するための駆動信号（例えばパルス信号）が入力される。駆動信号は、例えば図 15 で後述する送信部 332 から供給される。同じ超音波素子列 SR に接続される信号端子 XA_i （第 1 の端子）及び XB_i （第 2 の端子）（ i は $i \leq 64$ の自然数）に

10

20

30

40

50

は、例えば同一のタイミング、位相、振幅の駆動信号が供給される。超音波トランスデューサー素子10がエコーを受信すると、その受信信号は信号端子XA1～XA64、XB1～XB64から出力される。この受信信号は、例えば図15で後述する受信部335が受信する。コモン端子XC1～XC4には、例えば図15で後述する処理装置330からコモン電圧が供給される。

【0043】

なお図2では、同一信号を送受信する1つのチャンネル（1組の信号端子XA_i、XB_i）に1つの超音波素子列SRが接続される場合を例に説明したが、本実施形態はこれに限定されない。即ち、1つのチャンネルに複数の超音波素子列SRが接続されてもよい。この場合、各超音波素子列に1ラインの信号電極線が接続され、その複数の信号電極線が、共通の信号端子XA_i、XB_iに接続される。

10

【0044】

また図2では、各超音波素子列にコモン電極線が共通接続される場合を例に説明したが、本実施形態はこれに限定されない。例えば、各チャンネルに対応してコモン端子及びコモン電極線が設けられてもよい。

【0045】

また図2では、超音波トランスデューサー素子アレイ100がm行n列のマトリックス状の配置である場合を例に説明したが、本実施形態はこれに限定されず、複数の単位要素（超音波トランスデューサー素子10）が2次元的に規則性を持って配置されたアレイ状の配置であればよい。例えば、超音波トランスデューサー素子アレイ100は千鳥状の配置であってもよい。ここでマトリックス状の配置とは、m行n列の格子状配置であり、格子が矩形状の場合だけでなく、格子が平行四辺形状に変形した場合を含む。千鳥状の配置とは、超音波トランスデューサー素子m個の列と超音波トランスデューサー素子m-1個の列が交互に並び、m個の列の超音波トランスデューサー素子が、(2m-1)行の中の奇数行に配置され、m-1個の列の超音波トランスデューサー素子が、(2m-1)行の中の偶数行に配置される配置である。

20

【0046】

3. 音響レンズの比較例

図3は、超音波トランスデューサーデバイス200と比較例の音響レンズ550のスライス方向DLに沿った断面を模式的に示したものである。なお深度方向DZは、スキャン方向DS及びスライス方向DLに垂直な方向であり、基板60の超音波出射面の法線方向である。

30

【0047】

比較例の音響レンズ550は、スライス方向DLにおけるビーム形成を行う一般的な音響レンズを想定している。このような音響レンズ550では、スライス方向DLの各位置で同一タイミング（同一位相）の超音波が出射されることを前提に設計されている。例えばバルク圧電素子を用いた1次元アレイでは、スライス方向DLでの開口は1つであるため、スライス方向DLではどの位置でも同一位相の超音波が出射される。この場合、音響レンズ550は、超音波ビームBM1を設計された所望の焦点FCPに収束させることができる。

40

【0048】

一方、本実施形態の超音波トランスデューサーデバイス200では、スライス方向DLに複数の超音波トランスデューサー素子（例えば図2のUE1～UE8）が並び、その両端の信号端子XA_i、XB_iから駆動信号を供給する。後述するように、駆動信号のタイミング（位相）は、その遅延量が各素子で異なっており、信号端子XA_i、XB_iに近い素子ほど速いタイミングで超音波を出射する。そのため、音響レンズ550を通過した超音波ビームBM2は、所望の焦点FCPよりも手前で収束し（音圧が最大となり）、その収束点よりも遠方では拡散（正面の音圧が低下）してしまう。

【0049】

図4に、超音波の出射タイミングの遅延についての説明図を示す。図4には、スライス

50

方向DLに沿って並ぶ超音波トランスデューサー素子UE1～UE5を模式的に示す。なお簡単のため $m=5$ とし、コモン電極線は図示を省略する。

【0050】

素子UE1～UE5の電極間には、圧電体層によって、それぞれ寄生容量C1～C5が生じる。この容量C1～C5は、下部電極と上部電極に挟まれた圧電体層の面積に応じて決まる。また、信号電極線LSiには配線抵抗が生じる。信号端子XBiと素子UE1の間の配線抵抗をR0とし、素子UE1～UE5の各素子間の配線抵抗をR1～R4とし、素子UE5と信号端子XAiの間の配線抵抗をR5とする。

【0051】

上記の寄生容量C1～C5と配線抵抗R0～R5はRC定数回路を形成しており、信号端子XAi、XBiから入力された駆動信号は、このRC定数回路により遅延する。即ち、駆動信号のパルスが印加されるタイミングは、信号端子XAi、XBiに近い素子UE1、UE5よりも列中央の素子UE3の方が遅くなる。そのため、素子UE3の出射タイミングを基準とした場合、素子UE1、UE5は時間 Δt_1 、 Δt_5 だけ速いタイミングで超音波を出射し、素子UE2、UE3は時間 Δt_2 ($< \Delta t_1$)、 Δt_4 ($< \Delta t_5$)だけ速いタイミングで超音波を出射することになる。時間 $\Delta t_1 \sim \Delta t_5$ は、寄生容量C1～C5と配線抵抗R0～R5の値によって決まる。

【0052】

このような出射タイミングの違いにより、スライス方向DLに沿った断面での超音波の波面WMは、直線ではなく凹型となり、意図しない超音波ビームの収束（変形）を生じさせる。

【0053】

図9に、深度に対する超音波ビームの音圧特性のシミュレーション結果を示す。ここでは概要のみ説明し、詳細については後述する。なお、横軸の深度は、超音波素子列の中央を基準とする第1方向D1での距離である。

【0054】

音圧特性A1は、超音波の出射タイミングに遅延が無い場合の特性であり、音圧特性A2は、超音波の出射タイミングに遅延が有る場合の特性である。音圧特性A2では、音圧特性A1に比べて最大音圧となる深度が手前にきており、その最大音圧となる深度よりも遠方では音圧特性A1よりも音圧の低下が大きくなっている。このように、スライス方向DLに沿って複数の超音波トランスデューサー素子を配置し、その端部から駆動信号を供給した場合、従来の音響レンズ550では所望の音場が得られないという課題がある。

【0055】

4. 本実施形態の音響レンズ

図5、図6に、上記のような課題を解決できる本実施形態の音響レンズの第1構成例を示す。

【0056】

図5は、本実施形態の音響レンズ500を超音波トランスデューサーデバイス200に適用した場合の斜視図である。第1～第3方向D1～D3は音響レンズ500における方向を表し、それぞれ超音波トランスデューサーデバイス200の深度方向DZ、スライス方向DL、スキャン方向DSに対応する。なお以下では第1方向D1を「上」とも呼ぶ。

【0057】

音響レンズ500は、第1方向D1及び第2方向D2が成す面において超音波を収束させるレンズである。即ち、第1方向D1及び第2方向D2が成す面での断面DNMにおいて、上に凸な曲率をもつレンズ曲面を有している。また、断面DNMにおいて、音響レンズ500は図6で後述する構造を有し、この断面構造は、第3方向D3のどの位置でも同一の構造となるように形成されている。第1方向D1及び第3方向D3が成す面での断面では、レンズ曲面は曲率をもたず、音響レンズ500は超音波を収束させない。

【0058】

なお本実施形態ではこれに限定されず、第1方向D1及び第3方向D3が成す面での断

10

20

30

40

50

面においても、レンズ曲面が曲率を有してもよい。また本実施形態では、音響レンズ 500 と超音波トランスデューサデバイス 200 との間に、例えば音響整合層等の他の部材が設けられてもよい。

【0059】

図 6 に、音響レンズ 500 の断面 DNM における断面図を示す。音響レンズ 500 は、第 1 音速 c_1 を有する材料で形成された第 1 部材 510 と、第 2 音速 c_2 を有する材料で形成された第 2 部材 520 と、を含む。なお以下では、超音波素子列が 10 個の超音波トランスデューサ素子 UE1～UE10 ($m=10$) で構成される場合を例に説明するが、本実施形態はこれに限定されない。また 1 素子に階段形状の 1 段が対応する場合を例に説明するが、複数の素子に階段形状の 1 段が対応してもよい。

10

【0060】

第 1 部材 510 の音速 c_1 と第 2 部材 520 の音速 c_2 は異なる音速である。第 1 部材 510、第 2 部材 520 は、例えばシリコン樹脂で形成されており、そのシリコン樹脂に金属粉末を混ぜることにより音速 c_1 、 c_2 をシリコン樹脂より高く調整することが可能である。シリコン樹脂では一般的に 1000 m/s 程度の音速であり、例えばシリコン樹脂に混入させる金属の種類や粉末の濃度等によって音速（平均音速）を調整する。また、シリコン樹脂に空気の入ったガラス球やプラスチック球を混ぜることにより音速をシリコン樹脂より低く調整することが可能である。

【0061】

第 2 部材 520 は、断面 DNM において階段形状（階段構造）である。具体的には、超音波トランスデューサ素子 UE i に対応する段の基準面 SS1 からの高さ x_i が、超音波トランスデューサ素子ごとに異なっている。ここで基準面 SS1 は、第 1 方向 D1 に直交する第 2 部材 520 の面であり、音響レンズ 500 を超音波トランスデューサデバイス 200 と組み合わせた場合に基板 60 と向き合う面である。図 6 の構成例では $c_1 > c_2$ であり、この場合には、第 2 部材 520 の端部での段の高さ x_1 、 x_{10} が最も高く、中央部での段の高さ x_5 、 x_6 に向かって高さ x_i が単調減少する。

20

【0062】

より具体的には、段の高さ x_i について下式 (1) が成り立ち、これを x_i について解いた下式 (2) により段の高さ x_i を設定する。ここで x_M は、最も高い段の高さであり、図 6 の例では $x_M = x_1$ (x_{10}) である。また t_i は、端部の素子 UE1 (UE10) が超音波を出射するタイミングを基準としたときの、素子 UE i が超音波を出射する遅延時間である。 t_M は、基準面 SS1 から高さ x_M (最も高い段) まで超音波が伝搬する時間である。

30

【0063】

【数 1】

$$t_M = t_i + \frac{x_i}{c_2} + \frac{x_M - x_i}{c_1} \quad (1)$$

【0064】

【数 2】

$$x_i = \frac{c_1 c_2}{c_1 - c_2} \left(t_M - t_i - \frac{x_M}{c_1} \right) \quad (2)$$

40

上式 (1)、(2) によれば、素子 UE1～UE10 から出射された超音波は、高さ x_i の違いによって遅延時間 t_i が補正され、基準面 SS2 に同一タイミングで到達する。ここで基準面 SS2 は、基準面 SS1 に平行な面であり、例えば第 2 部材 520 の最も高い段に接する面である。 $c_1 > c_2$ の場合には、第 2 部材 520 の方が音速が遅いため、端部ほど超音波の通過時間が長くなり、中央部ほど超音波の通過時間が短くなる。そのため、出射タイミングが早い端部と出射タイミングが遅い中央部との遅延時間が相殺され、基準面 SS2 で波面が平坦になる。これにより、基準面 SS2 よりも上では従来の音響レ

50

ンズ（例えば図3の音響レンズ550）と同様に考えることができ、波面がそろっているものとして設計したレンズ曲率で所望のビーム形状（例えば図3の超音波ビームBM1）を得ることができる。

【0065】

上記では $c_1 > c_2$ の場合を例に説明したが、 $c_1 < c_2$ としてもよい。図7に、 $c_1 < c_2$ の場合の構成例として、音響レンズ500の第2構成例を示す。 $c_1 < c_2$ の場合には、第2部材520の中央部での段の高さ x_5 、 x_6 が最も高く、端部での段の高さ x_1 、 x_1 に向かって高さ x_i が単調減少する。具体的には $x_M = x_5$ （ x_6 ）であり、上式（2）により段の高さ x_i を設定する。この場合にもスライス方向DLでの超音波の遅延が補正され、基準面SS2で波面を平坦にすることができる。

10

【0066】

図8に、 $c_1 > c_2$ （図6）の場合における階段形状の段の高さ x_i の例を示す。図8では、スライス方向DLに20個の超音波素子UE1～UE20が配置されており、レンズ曲面を有する第1部材510は音速1000m/sの材料で形成され、階段形状の第2部材520は音速800m/sの材料で形成されている。最も高い段の高さは $x_M = 0.5$ mmである。

【0067】

遅延時間は、端部の素子UE1（UE20）を基準とした、各素子に駆動信号が到達するタイミングの遅延時間 t_i である。遅延時間 t_i は、回路シミュレーションにより算出した値である。到達時間は、端部の素子UE1（UE20）において超音波が基準面SS2に到達するのに要する時間 t_M であり、音速800m/sの超音波が0.5mmを通過するのに要する時間625nsである。第2部材520の高さ x_i は、これらの値を上式（2）に代入して求めた値であり、各素子において基準面SS1から基準面SS2まで超音波が伝搬するのに要する時間（上式（1）の第2項＋第3項）と遅延時間 t_i との和が、到達時間 t_M となるような高さとなっている。

20

【0068】

図9に、図8の階段形状を有する音響レンズ500で行った音響解析のシミュレーション結果を示す。音響レンズ500の外では、音速1500m/sの水中を超音波ビームが伝搬するものとする。横軸の深度は、超音波素子列の中央（UE10とUE11の中央）を基準とする第1方向D1（深度方向DZ）での距離である。

30

【0069】

音圧特性A1は、図8の遅延時間 t_i が発生しておらず（ $t_i = 0$ ）、本実施形態の遅延補正構造を用いずに基準面SS2より上のレンズ構造でビーム収束させた場合の特性である。音圧特性A2は、図8の遅延時間 t_i が発生しているときに、本実施形態の遅延補正構造を用いずに基準面SS2より上のレンズ構造でビーム収束させた場合の特性である。音圧特性A2では、理想的な音圧特性A1に比べて、最大音圧の深度よりも深い深度での音圧が低下していることが分かる。

【0070】

音圧特性A3は、図8の遅延時間 t_i が発生しており、図8の遅延補正構造を用いた本実施形態の音響レンズ500でビーム収束させた場合の特性である。音圧特性A3では、最大音圧の深度よりも深い深度での音圧が向上しており、理想的な音圧特性A1とほぼ一致する特性が得られている。

40

【0071】

以上の実施形態によれば、音響レンズ500は、第1音速 c_1 の材料で形成される第1部材510と、第1音速 c_1 とは異なる第2音速 c_2 の材料で形成される第2部材520と、を含む。第2部材520の超音波トランスデューサー素子アレイ100側の面を基準面SS1とし、基準面SS1に垂直な方向を第1方向D1とし、超音波トランスデューサー素子アレイ100のスライス方向DLに対応する方向を第2方向D2とする。この場合に、第1部材510は、第2部材520の第1方向D1側に設けられ、第1方向D1側にレンズ曲面が形成されるレンズ構造を有する。第2部材520は、第1方向D1及び第2

50

方向 D 2 がなす面での断面 D N M において階段形状である。階段形状の段の高さ x_i は、第 2 方向 D 2 における端部（例えば図 6 の素子 U E 1 に対応する段）と中央部（素子 U E 5 に対応する段）とで異なる。

【0072】

このようにすれば、音速の異なる 2 種類の部材が異なる高さで組み合わせられるため、各素子から出射した超音波が基準面 S S 1 から基準面 S S 2 まで到達する時間を異ならせることができる。この時間の違いにより、図 3 や図 4 で説明した超音波の波面の湾曲が補正され、基準面 S S 2 で超音波の波面を平坦にでき、図 9 で説明したようにプローブ正面での音圧低下を抑制できる。

【0073】

さて、仮に第 2 部材 5 2 0 が階段形状でなく滑らかに湾曲した形状である場合、超音波が面を斜めに通過して屈折するため、基準面 S S 2 で波面が平坦にならない可能性がある。この点、本実施形態では、第 2 部材 5 2 0 が階段形状であるため、各素子から出射した超音波が段の面を垂直に通過する。これにより、基準面 S S 2 で波面を平坦にできる。

【0074】

ここで、基準面 S S 1 とは、第 2 部材 5 2 0 の面であり、音響レンズ 5 0 0 と超音波トランスデューサデバイス 2 0 0 とを組み合わせた場合に、超音波トランスデューサデバイス 2 0 0 の超音波を出射する面と向き合う面である。また第 2 基準面 S S 2 とは、第 2 部材 5 2 0 と第 1 部材 5 1 0 のレンズ曲面との間の面であり、基準面 S S 1 の第 1 方向 D 1 側で基準面 S S 1 に平行な面である。例えば、基準面 S S 1 から距離 x_M （階段形状の最も高い段の高さ）の面である。また、階段形状とは、段の高さ x_i （基準面 S S 1 から段までの距離）が各段で異なっている形状であり、例えば段の高さ x_i が順次増加又は順次減少する形状である。或は、段の高さ x_i が増加する区間（図 6 では素子 U E 6 ~ U E 1 0）と減少する区間（素子 U E 1 ~ U E 5）が組み合わせられたものであってもよい。

【0075】

また本実施形態では、第 1 音速 c_1 は、第 2 音速 c_2 よりも速く、階段形状の段の高さ x_i は、端部（例えば図 6 の素子 U E 1 に対応する段）と中央部（素子 U E 5 に対応する段）に向かって順次低くなる。より具体的には、階段形状の段の高さ x_i は、第 2 の方向 D 2 における第 1 端部（素子 U E 1 に対応する段）から中央部に向かって順次低くなり、第 2 方向 D 2 における第 2 端部（素子 U E 1 0 に対応する段）から中央部に向かって順次低くなる。中央部は、第 1 端部と第 2 端部の間の部分（素子 U E 5、U E 6 に対応する段）である。

【0076】

図 4 で説明したように、両端の端子 X A i、X B i から駆動信号を入力した場合には、超音波素子列の両端から中央部に向かって遅延が大きくなる。本実施形態によれば、音速の遅い第 2 部材 5 2 0 の段の高さ x_i が、端部及び第 2 端部から中央部に向かって順次低くなるため、中央部に近いほど第 2 基準面 S S 2 に到達する時間が短くなり、上記の遅延を補正できる。

【0077】

また本実施形態では、第 1 音速 c_1 は、第 2 音速 c_2 よりも遅く、階段形状の段の高さ x_i は、端部（例えば図 7 の素子 U E 1 に対応する段）と中央部（素子 U E 5 に対応する段）に向かって順次高くなってもよい。より具体的には、階段形状の段の高さ x_i は、第 2 の方向 D 2 における第 1 端部（素子 U E 1 に対応する段）から中央部に向かって順次高くなり、第 2 方向 D 2 における第 2 端部（素子 U E 1 0 に対応する段）から中央部に向かって順次低くなってもよい。中央部は、第 1 端部と第 2 端部の間の部分（素子 U E 5、U E 6 に対応する段）である。

【0078】

このようにすれば、音速の速い第 2 部材 5 2 0 の段の高さ x_i が、端部及び第 2 端部から中央部に向かって順次高くなるため、中央部に近いほど第 2 基準面 S S 2 に到達する時間が短くなり、中央部に近いほど大きくなる遅延を補正できる。

10

20

30

40

50

【0079】

なお以上の実施形態では階段形状の段の高さ x_i が端部及び第2端部から中央部に向かって順次低く（又は高く）なる場合を例に説明したが、本実施形態はこれに限定されない。即ち、図10に示すように、段の高さ x_i は、端部（素子UE1に対応する段）から中央部（素子UE5に対応する段）に向かって順次低く（又は高く）なり、更に中央部から第2端部（素子UE10に対応する段）に向かって順次低く（又は高く）なってもよい。

【0080】

この場合、図2に示す超音波トランスデューサデバイス200の一端側の信号端子XB1～XB64にのみ駆動信号を供給する。図10において一端の素子UE1側から駆動信号を供給した場合、駆動信号の遅延は素子UE1からUE10に向かって大きくなる。そのため、音速の遅い第2部材520の段の高さ x_i が、端部（UE1側）から第2端部（UE10側）に向かって順次低くなることで、第2端部に近いほど第2基準面SS2に到達する時間が短くなり、基準面SS2で波面を平坦となるように遅延を補正できる。

【0081】

5. 補正部材

以上の実施形態では音響レンズ500が遅延補正構造を有する場合を例に説明したが、本実施形態はこれに限定されず、補正部材と音響レンズ部材とを別体に構成してもよい。図11に、この場合における補正部材の構成例を示す。

【0082】

補正部材530は、音響レンズ部材540と超音波トランスデューサデバイス200との間に設けられる。補正部材530は、第1音速 c_1 の材料で形成される第1部材510と、第1音速 c_1 とは異なる第2音速 c_2 の材料で形成される第2部材520と、を含む。そして、第1部材510は、第2部材520の第1方向D1側に設けられる。第2部材520は、第1方向D1及び第2方向D2がなす面での断面において階段形状であり、その階段形状の段の高さ x_i は、第2方向D2における端部（例えば素子UE1に対応する段）と中央部（素子UE5に対応する段）とで異なる。

【0083】

第1部材510と第2部材520は、上述した音響レンズ500の構成例と同様に例えばシリコン樹脂を材料として形成される。階段形状の段の高さ x_i は、上式（2）で説明した手法により設定され、各素子が出射した超音波の波面が第2基準面SS2で平坦となるように設定される。ここで第2基準面SS2は、補正部材530の第1方向D1側の面である。例えば補正部材530と音響レンズ部材540とを直接貼り合わせる場合には、その貼り合わせる面が第2基準面SS2である。なお図11では段の高さ x_i が両端部から中央部に向かって低くなる場合を図示したが、これに限定されず、段の高さ x_i が両端部から中央部に向かって高くなってもよいし、一端から他端に向かって低く（高く）なってもよい。

【0084】

音響レンズ部材540は、第3音速の材料（例えばシリコン樹脂）で形成され、第1方向D1側にレンズ曲面を有する。レンズ曲面の曲率は、第2基準面SS2で波面がそろっている場合に所望の焦点距離を実現するように設定される。第3音速は、例えば第1部材510の第1音速 c_1 と同一であり、この場合には音響レンズ部材540の形状は、図6の第1部材510の第2基準面SS2よりも上の形状と同一にできる。なお、第3音速は第1音速 c_1 と異なる音速であってもよい。また音響レンズ部材540と補正部材530との間に他の層（例えば音響整合層）が設けられてもよい。

【0085】

以上のように補正部材530と音響レンズ部材540とを別体に構成した場合にも、音速の異なる部材で階段形状を形成した補正部材530により超音波の遅延を補正することができる。

【0086】

6. ヘッドユニット

図 1 2 に、本実施形態の音響レンズが適用されるヘッドユニット 2 2 0 の構成例を示す。図 1 2 に示すヘッドユニット 2 2 0 は、超音波トランスデューサーデバイス 2 0 0（以下では「素子チップ」とも呼ぶ）、接続部 2 1 0、支持部材 2 5 0 を含む。

【0087】

素子チップ 2 0 0 は、図 2 で説明した超音波トランスデューサーデバイスに対応する。素子チップ 2 0 0 は、超音波トランスデューサー素子アレイ 1 0 0 と、第 1 の端子 X A i を含む第 1 の端子群 X A 1 ～X A 6 4 と、第 2 の端子 X B i を含む第 2 の端子群 X B 1 ～X B 6 4 と、コモン端子 X C 1 ～X C 4 と、を含む。素子チップ 2 0 0 は、接続部 2 1 0 を介してプローブ本体が有する処理装置（例えば図 1 5 の処理装置 3 3 0）と電氣的に接続される。

10

【0088】

接続部 2 1 0 は、プローブ本体とヘッドユニット 2 2 0 とを電氣的に接続するものである。接続部 2 1 0 は、第 1 のコネクタ 4 2 1 と、第 2 のコネクタ 4 2 2 と、第 1 のフレキシブル基板 1 3 0 と、第 2 のフレキシブル基板 1 4 0 と、第 1 のフレキシブル基板 1 3 0 に設けられる第 1 の集積回路装置 1 1 0 と、第 2 のフレキシブル基板 1 4 0 に設けられる第 2 の集積回路装置 1 2 0 と、を有する。

【0089】

端子群 X A 1 ～X A 6 4 は、素子チップ 2 0 0 の第 1 の辺側に設けられる。フレキシブル基板 1 3 0 には、端子群 X A 1 ～X A 6 4 とコネクタ 4 2 1 の端子群とを接続する第 1 の信号線群が形成される。第 1 の信号線群は、第 1 の端子 X A i に接続される第 1 の信号線を含む。第 1 の信号線群には、集積回路装置 1 1 0 の第 1 の送信端子群が接続される。

20

【0090】

端子群 X B 1 ～X B 6 4 は、素子チップ 2 0 0 の第 2 の辺側に設けられる。フレキシブル基板 1 4 0 には、端子群 X B 1 ～X B 6 4 とコネクタ 4 2 2 の端子群とを接続する第 2 の信号線群が形成される。第 2 の信号線群は、第 2 の端子 X B i に接続される第 2 の信号線を含む。第 2 の信号線群には、集積回路装置 1 2 0 の第 2 の送信端子群が接続される。

【0091】

集積回路装置 1 1 0 は、第 1 の送信端子群及び第 1 の信号線群を介して端子群 X A 1 ～X A 6 4 へ駆動信号を出力する第 1 の送信回路群を有する。集積回路装置 1 2 0 は、第 2 の送信端子群及び第 2 の信号線群を介して端子群 X B 1 ～X B 6 4 へ駆動信号を出力する第 2 の送信回路群を有する。これらの駆動信号は、処理装置（例えば図 1 5 の処理装置 3 3 0）からの制御信号に基づいて出力される。

30

【0092】

コネクタ 4 2 1 は第 1 の接続端子群を有する。その接続端子群には、フレキシブル基板 1 3 0 の第 1 の信号線群を介して端子群 X A 1 ～X A 6 4 からの受信信号が出力される。コネクタ 4 2 2 は第 2 の接続端子群を有する。その接続端子群には、フレキシブル基板 1 4 0 の第 2 の信号線群を介して、端子群 X B 1 ～X B 6 4 からの受信信号が出力される。

40

【0093】

なお接続部 2 1 0 は、図 1 2 に示す構成に限定されるものではない。例えば、接続部 2 1 0 を、素子チップ 2 0 0 の第 1 の辺側のみに設けてもよい。或は、接続部 2 1 0 は、コネクタ 4 2 1、4 2 2 を省略し、第 1 の端子群 X A 1 ～X A 6 4 からの受信信号を出力する第 1 の接続端子群と、第 2 の端子群 X B 1 ～X B 6 4 からの受信信号を出力する第 2 の接続端子群と、を有してもよい。

【0094】

接続部 2 1 0 を設けることで、プローブ本体とヘッドユニット 2 2 0 とを電氣的に接続することができ、さらにヘッドユニット 2 2 0 をプローブ本体に脱着可能にすることができる。

50

【0095】

支持部材250は、素子チップ200を支持する部材である。なお、素子チップ200、接続部210及び支持部材250の具体的な構造については後述する。

【0096】

図13(A)～図13(C)に、ヘッドユニット220の詳細な構成例を示す。図13(A)は支持部材250の第2の面SF2側を示し、図13(B)は支持部材250の第1の面SF1側を示し、図13(C)は支持部材250の側面側を示す。なお、本実施形態のヘッドユニット220は、図13(A)～図13(C)の構成に限定されず、その構成要素の一部を省略したり、他の構成要素に置き換えたり、他の構成要素を追加するなどの種々の変形実施が可能である。

10

【0097】

支持部材250の第1の面SF1側には、コネクタ421、422が設けられる。コネクタ421、422には、フレキシブル基板130、140の一端がそれぞれ接続される。フレキシブル基板130、140には、集積回路装置110、120が設けられる。コネクタ421、422は、プローブ本体側の対応するコネクタに脱着可能である。

【0098】

支持部材250の第1の面SF1の裏面である第2の面SF2側には、素子チップ200が支持される。素子チップ200の端子にはフレキシブル基板130、140の他端が接続される。固定用部材260は、支持部材250の各コーナー部に設けられ、ヘッドユニット220をプローブ筐体に固定するために用いられる。

20

【0099】

ここで支持部材250の第1の面側とは、支持部材250の第1の面SF1の法線方向側であり、支持部材250の第2の面側とは、支持部材250の第1の面SF1の裏面である第2の面SF2の法線方向側である。

【0100】

図13(C)に示すように、素子チップ200の表面(図1(B)において圧電体層30が形成される面)には、素子チップ200を保護する保護部材(保護膜)270が設けられる。なお、音響レンズ500が保護部材270を兼ねてもよい。

【0101】

30

7. 超音波プローブ

図14(A)、図14(B)に、上記のヘッドユニット220が適用される超音波プローブ300の構成例を示す。図14(A)はヘッドユニット220(プローブヘッド)がプローブ本体320に装着された場合を示し、図14(B)はヘッドユニット220がプローブ本体320から分離された場合を示す。

【0102】

ヘッドユニット220は、素子チップ200、支持部材250、保護部材270、フレキシブル基板130、140(図示省略)、集積回路装置110、120(図示省略)、ヘッドユニット側コネクタ425、音響レンズ500、ヘッドユニット220の構成要素を格納する筐体240を含む。

40

【0103】

プローブ本体320は、処理装置330、プローブ本体側コネクタ426、プローブ本体320の構成要素を格納する筐体340を含む。処理装置330は、受信部335(アナログフロントエンド部)、送受信制御部334を含む。受信部335や送受信制御部334は、例えばリジッド基板に設けられた集積回路装置により実現される。

【0104】

受信部335は、超音波トランスデューサ素子からの超音波エコー信号(受信信号)の受信処理を行う。送受信制御部334は、集積回路装置110、120や受信部335の制御を行う。プローブ本体側コネクタ426は、ヘッドユニット側コネクタ425と接続される。プローブ本体320は、ケーブル350により電子機器(例えば超音波画

50

像装置）本体に接続される。

【0105】

なお、図12～図13（C）で説明した構成ユニットは筐体240に格納されているが、その構成ユニットを筐体240から取り外し可能としてもよい。こうすることで、その構成ユニットだけを交換することができる。或いは、筐体240に格納された状態のヘッドユニット220を交換することもできる。

【0106】

8. 超音波画像装置

図15に、超音波画像装置の構成例を示す。超音波画像装置は、超音波プローブ300、電子機器本体400を含む。超音波プローブ300は、超音波ヘッドユニット220、処理装置330を含む。電子機器本体400は、制御部410、処理部420、ユーザーインターフェース部430、表示部440を含む。

【0107】

超音波画像装置としては例えば医療用の超音波診断装置が想定される。或は、建築物等の内部を非破壊検査する診断機器や、ユーザーの指の動きを超音波の反射により検出するユーザーインターフェース機器等が想定される。

【0108】

処理装置330は、送受信制御部334、受信部335（アナログフロントエンド部）を含む。超音波ヘッドユニット220は、素子チップ200（超音波トランスデューサーデバイス）と、素子チップ200を回路基板（例えばリジッド基板）に接続する接続部210（コネクタ部）と、を含む。回路基板には、送受信制御部334、受信部335が実装されている。接続部210は、集積回路装置390を含む。集積回路装置390は、送信部332（パルサー）を含む。

【0109】

超音波を送信する場合には、送受信制御部334が送信部332に対して送信指示を行い、送信部332がその送信指示を受けて駆動信号を高電圧に増幅して駆動電圧を出力する。受信部335は不図示のリミッター回路を有しており、そのリミッター回路が駆動電圧を遮断する。超音波の反射波を受信する場合には、素子チップ200により検出された反射波の信号を受信部335が受信する。受信部335は、送受信制御部334からの受信指示に基づいて、反射波の信号を処理（例えば増幅処理や、A/D変換処理等）し、処理後の信号を処理部420に送信する。送受信におけるスキャン手法については、例えばリニアスキャンやセクタスキャン等、種々の手法を採用できる。処理部420は、その信号を映像化して表示部440に表示させる。

【0110】

なお以上の実施形態では集積回路装置390が送信部332のみを含む場合を例に説明したが、本実施形態ではこれに限定されず、例えば集積回路装置390が受信部335や送受信制御部334を含んでもよい。

【0111】

ここで、上記のように本実施形態について詳細に説明したが、本発明の新規事項および効果から実体的に逸脱しない多くの変形が可能であることは当業者には容易に理解できるであろう。従って、このような変形例はすべて本発明の範囲に含まれるものとする。例えば、明細書又は図面において、少なくとも一度、より広義または同義な異なる用語と共に記載された用語は、明細書又は図面のいかなる箇所においても、その異なる用語に置き換えることができる。また本実施形態及び変形例の全ての組み合わせも、本発明の範囲に含まれる。また音響レンズ、超音波トランスデューサーデバイス、ヘッドユニット、超音波プローブ、超音波画像装置の構成・動作等も、本実施形態で説明したものに限定されず、種々の変形実施が可能である。

【符号の説明】

【0112】

10 超音波トランスデューサー素子、21 第1電極層、22 第2電極層、

10

20

30

40

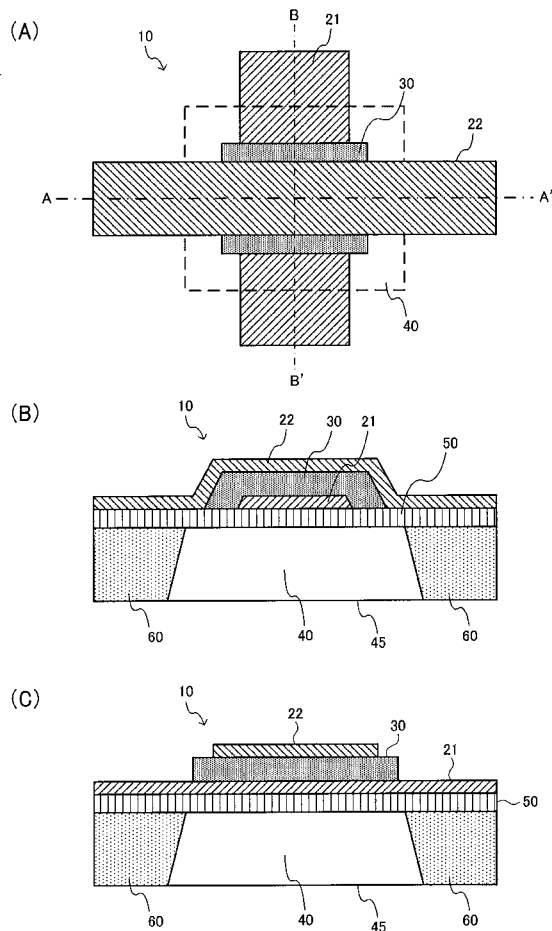
50

30 圧電体層、40 開口、40 空洞領域、45 開口部、50 振動膜、
 60 基板、100 超音波トランスデューサー素子アレイ、
 110 第1の集積回路装置、120 第2の集積回路装置、
 130 第1のフレキシブル基板、140 第2のフレキシブル基板、
 200 超音波トランスデューサーデバイス、210 接続部、
 220 ヘッドユニット、240 筐体、250 支持部材、
 260 固定用部材、270 保護部材、300 超音波プローブ、
 320 プローブ本体、330 処理装置、332 送信部、
 334 送受信制御部、335 受信部、340 筐体、350 ケーブル、
 390 集積回路装置、400 電子機器本体、410 制御部、
 420 処理部、421, 422 コネクター、
 425 ヘッドユニット側コネクター、426 プローブ本体側コネクター、
 430 ユーザーインターフェース部、440 表示部、500 音響レンズ、
 510 第1部材、520 第2部材、530 補正部材、
 540 音響レンズ部材、550 音響レンズ、
 BM1, BM2 超音波ビーム、C1~C5 寄生容量、
 D1~D3 第1~第3方向、DL スライス方向、DNM 断面、
 DS スキャン方向、DZ 深度方向、FCP 焦点、
 LC1, LC2 コモン電極線、LS1~LS64 信号電極線、
 LY1~LY8 コモン電極線、R0~R5 配線抵抗、SR 超音波素子列、
 SS1 第1基準面、SS2 第2基準面、
 UE1~UE10 超音波トランスデューサー素子、WM 波面、
 XA1~XA64, XB1~XB64 信号端子、XC1~XC4 コモン端子、
 c_1 第1音速、 c_2 第2音速、 x_i 段の高さ

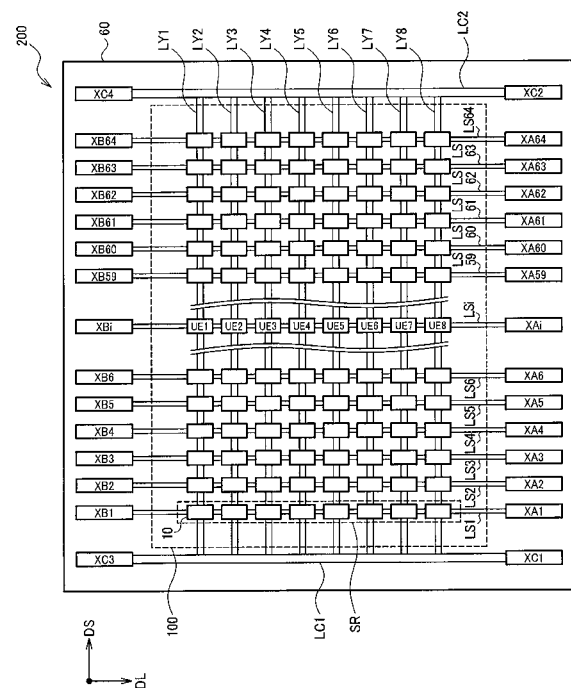
10

20

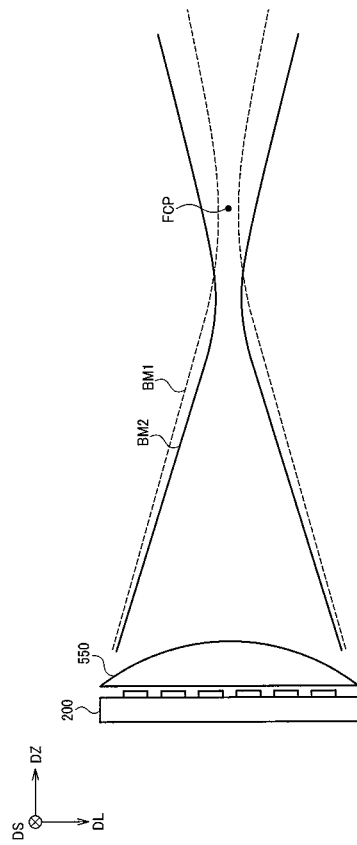
【図1】



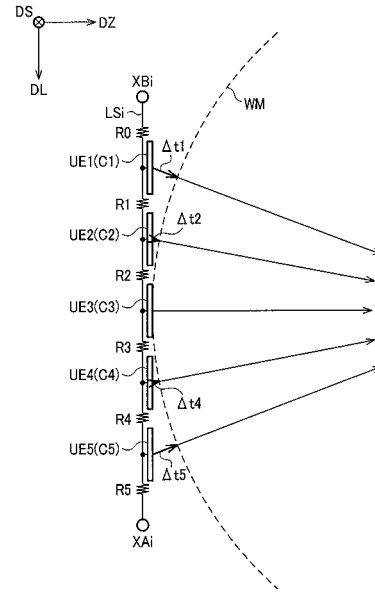
【図2】



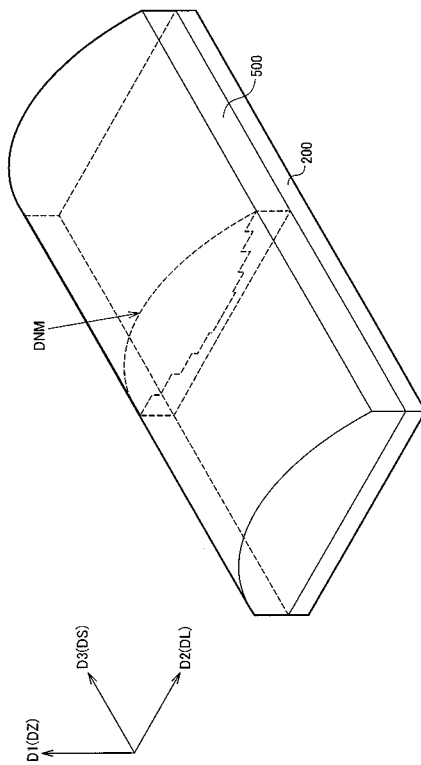
【図 3】



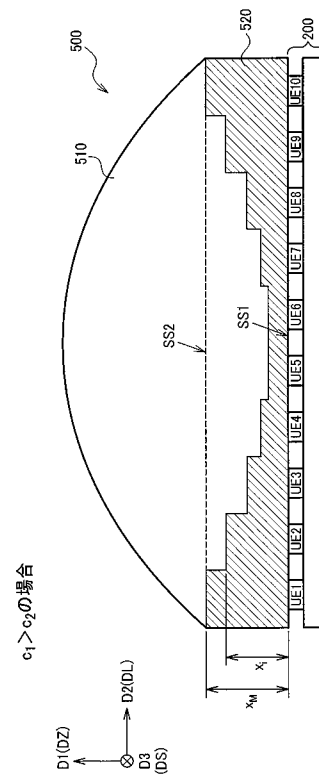
【図 4】



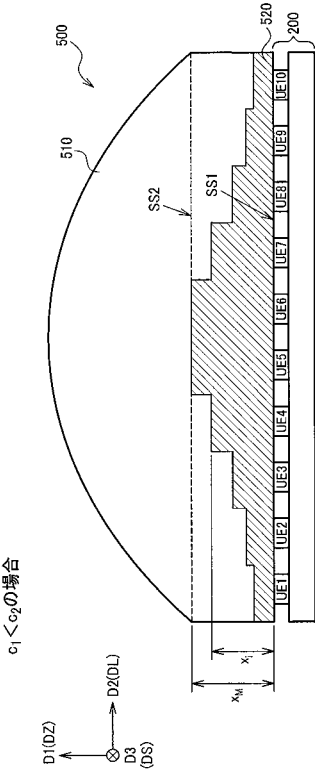
【図 5】



【図 6】



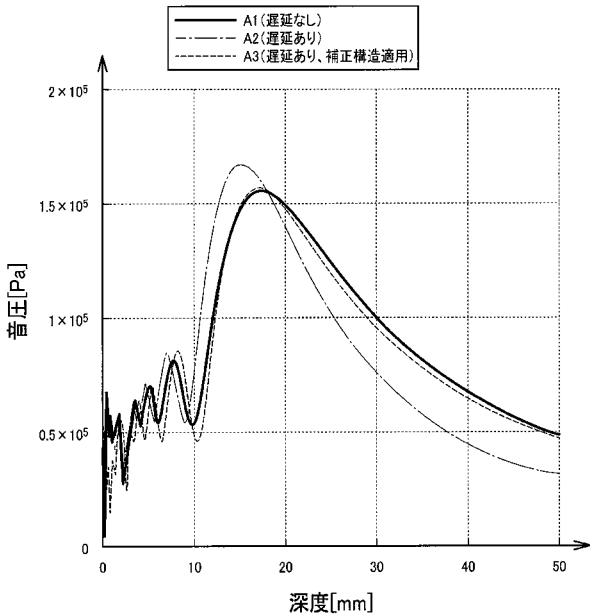
【図 7】



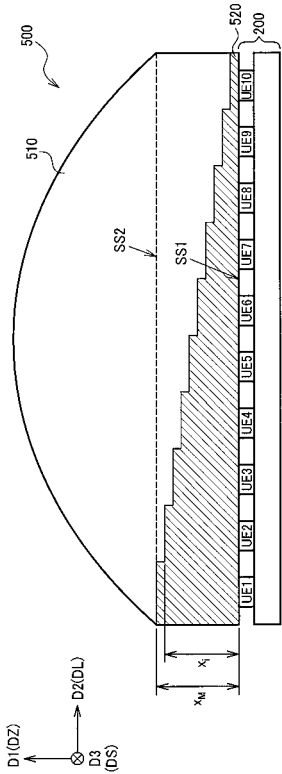
【図 8】

素子番号	遅延時間 [ns]	到達時間 [ns]	第2部材の高さ [mm]
1	0.00	625	0.500
2	10.25		0.459
3	19.04		0.424
4	24.17		0.403
5	30.03		0.380
6	34.42		0.362
7	38.82		0.345
8	42.48		0.330
9	44.68		0.321
10	45.20		0.319
11	45.20		0.319
12	44.68		0.321
13	42.48		0.330
14	38.82		0.345
15	34.42		0.362
16	30.03		0.380
17	24.17		0.403
18	19.04		0.424
19	10.25		0.459
20	0.00		0.500

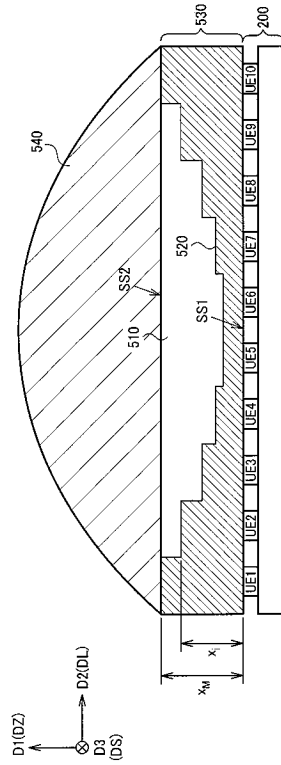
【図 9】



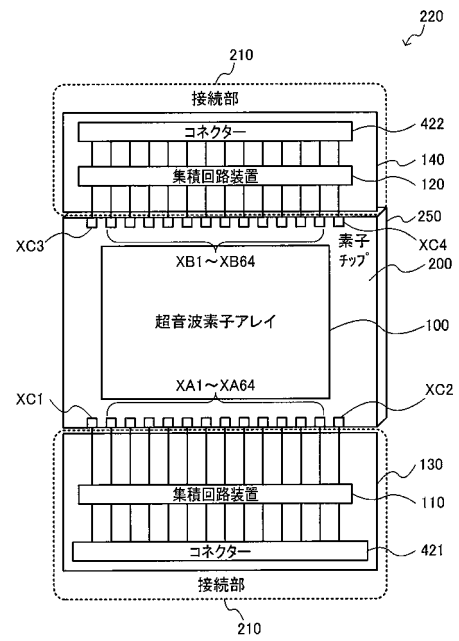
【図 10】



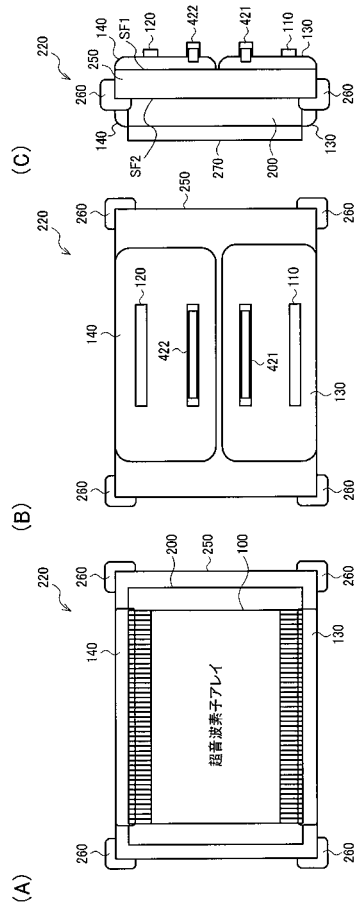
【図 1 1】



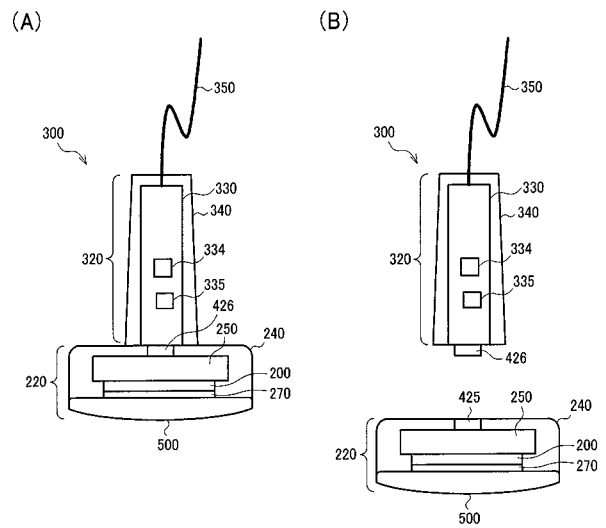
【図 1 2】



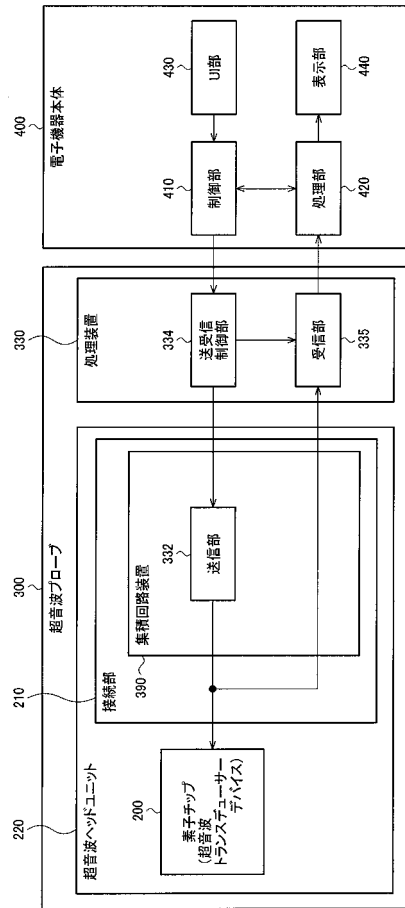
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 15】



专利名称(译)	声透镜，头单元，探头，超声成像装置和校正构件		
公开(公告)号	JP2014124431A	公开(公告)日	2014-07-07
申请号	JP2012284486	申请日	2012-12-27
[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	中村友亮		
发明人	中村 友亮		
IPC分类号	A61B8/00		
FI分类号	A61B8/00		
F-TERM分类号	4C601/EE09 4C601/GB06 4C601/GB19 4C601/GB20 4C601/GB32 4C601/GB33 4C601/GB41		
代理人(译)	宫坂和彦 渡边和明		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

解决的问题：提供一种声透镜，头单元，探头，超声成像设备，校正构件等，即使在切片方向上的超声发射时间不相同时，也可以通过它们获得所需的光束形状。声透镜500包括：第一部件510，其由第一声速c的材料形成；和第二部件520。第二部件520由与第一声速c不同的第二声速c'的材料形成。垂直于基准面SS1的方向被定义为第一方向D1，并且将与切片方向DL相对应的方向定义为第二方向D2。第一构件510安装在第二构件520的第一方向D1侧，具有在第一方向D1侧形成的透镜曲面的透镜结构。第二构件520在由第一方向D1和第二方向D2形成的面上的横截面DNM中为阶梯形。阶梯形状的阶梯的高度x在第二方向D2上的端部和中央部不同。

