

(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2016-208537
(P2016-208537A)

(43) 公開日 平成28年12月8日(2016.12.8)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
H04R 17/00 (2006.01)	H04R 17/00 330H	4C601
A61B 8/14 (2006.01)	A61B 8/14	5D019

審査請求 有 請求項の数 14 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2016-146966 (P2016-146966)
 (22) 出願日 平成28年7月27日 (2016.7.27)
 (62) 分割の表示 特願2012-38360 (P2012-38360) の分割
 原出願日 平成24年2月24日 (2012.2.24)

(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 100104710
 弁理士 竹腰 昇
 (74) 代理人 100090479
 弁理士 井上 一
 (74) 代理人 100124682
 弁理士 黒田 泰
 (72) 発明者 加納 一幸
 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 EE03 EE09 GB06 GB19 GB20 GB22
 5D019 AA21 BB19 BB28 FF04

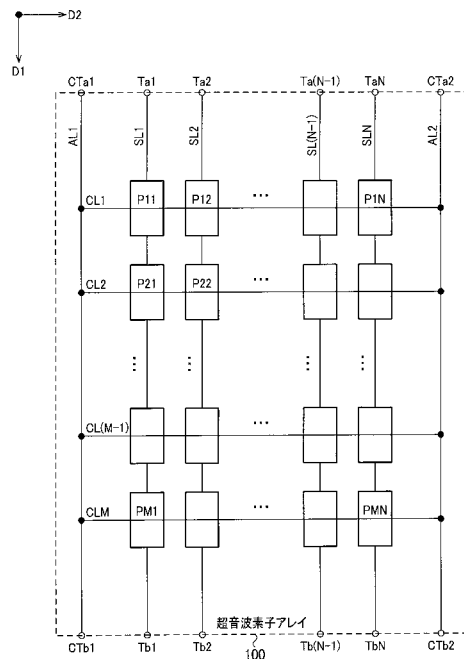
(54) 【発明の名称】 超音波装置、プローブ、電子機器、診断装置及び処理装置

(57) 【要約】

【課題】超音波の放射音圧分布の偏りを抑制することが可能な超音波装置、プローブ、電子機器、診断装置及び処理装置等を提供すること。

【解決手段】超音波装置は、第1の方向D1に沿って複数の超音波素子が配置された超音波素子列が、第2の方向D2に沿ってN列配置される超音波素子群P11~PMNと、第1の方向D1に沿って配線される第1~第Nの駆動電極線SL1~SLNと、第1の端子Taiと、第2の端子Tbiと、を有する。第i列の超音波素子列を構成する超音波素子P1i~PMiには、第iの駆動電極線SLiが接続される。第iの駆動電極線SLiの一端には、第1の端子Taiが接続される。第iの駆動電極線SLiの他端には、第2の端子Tbiが接続される。

【選択図】 図6



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

前記第 1 の方向に沿って複数の超音波素子が配置された超音波素子列が、前記第 1 の方向に交差する第 2 の方向に沿って N 列 (N は 2 以上の自然数) 配置される超音波素子群と

、
前記第 1 の方向に沿って配線される第 1 ~ 第 N の駆動電極線と、
第 1 の端子と、
第 2 の端子と、
を含み、

前記 N 列のうち第 i 列の超音波素子列を構成する超音波素子には、前記第 1 ~ 第 N の駆動電極線のうちの第 i の駆動電極線 (i は N 以下の自然数) が接続され、

前記第 i の駆動電極線の一端には、前記第 1 の端子が接続され、

前記第 i の駆動電極線の他端には、前記第 2 の端子が接続されることを特徴とする超音波装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 において、

前記超音波素子列に配置された前記複数の超音波素子の個数 M は、m 以下 (m は 3 以上の自然数) であることを特徴とする超音波装置。

【請求項 3】

請求項 2 において、

前記超音波素子群を駆動する駆動信号が前記第 1 の端子にのみ入力された場合に、前記超音波素子群が出力する超音波の前記第 1 の方向における音圧分布特性において、前記超音波素子列の中央における音圧がピーク値の半分となる時の前記第 1 の方向に配列される超音波素子の個数が a (a は 3 以上の自然数) である場合、前記個数 M は $m = a$ 以下であることを特徴とする超音波装置。

20

【請求項 4】

請求項 2 において、

前記第 1 の端子と前記第 2 の端子に前記駆動信号を入力した場合に、前記超音波素子群が出力する超音波の前記第 1 の方向における音圧分布特性が、前記第 1 の方向に配列される超音波素子の個数が $b + 1$ (b は 3 以上の自然数) のときにダブルピークを有し、前記第 1 の方向に配列される超音波素子の個数が b のときにシングルピークを有する場合、前記個数 M は $m = b$ 以下であることを特徴とする超音波装置。

30

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 のいずれかにおいて、

前記超音波素子群を駆動する駆動信号を、前記第 1 の端子と前記第 2 の端子に対して出力する駆動信号出力回路を含むことを特徴とする超音波装置。

【請求項 6】

請求項 5 において、

前記駆動信号出力回路は、

前記第 1 の端子と前記第 2 の端子に対して、異なる振幅の前記駆動信号を出力することを特徴とする超音波装置。

40

【請求項 7】

請求項 6 において、

前記駆動信号出力回路は、

出力アンプと、

前記出力アンプと前記第 1 の端子との間に設けられ、前記第 1 の端子に対する前記駆動信号の振幅を調節するための第 1 の可変抵抗と、

前記出力アンプと前記第 2 の端子との間に設けられ、前記第 2 の端子に対する前記駆動信号の振幅を調節するための第 2 の可変抵抗と、

を有することを特徴とする超音波装置。

50

【請求項 8】

請求項 1 乃至 7 のいずれかにおいて、
 前記超音波素子列に配置された前記複数の超音波素子は、 M (M は 2 以上の自然数) 個の超音波素子であり、
 前記超音波素子群は、
 前記超音波素子列が前記 N 列配置された、 M 行 N 列のマトリックス状の超音波素子群であることを特徴とする超音波装置。

【請求項 9】

請求項 1 乃至 8 のいずれかにおいて、
 前記第 2 の方向に沿って配線される複数の共通電極線を含むことを特徴とする超音波装置。

10

【請求項 10】

請求項 9 において、
 前記複数の共通電極線に共通接続され、前記第 1 の方向に沿って配線される共通共通電極線を、含むことを特徴とする超音波装置。

【請求項 11】

請求項 10 において、
 前記共通共通電極線の両端に設けられ、前記超音波素子群に対して共通電圧を供給するための端子を、含むことを特徴とする超音波装置。

【請求項 12】

複数の超音波素子が配置された超音波素子列と、
 前記複数の超音波素子に接続される駆動電極線と、
 前記駆動電極線の一端に接続される第 1 の端子と、
 前記駆動電極線の他端に接続される第 2 の端子と、
 を含むことを特徴とする超音波装置。

20

【請求項 13】

複数の超音波素子が配置された超音波素子列と、
 前記複数の超音波素子に接続される駆動電極線と、
 を含み、
 前記駆動電極線の両端には、前記複数の超音波素子を駆動する駆動信号が供給されることを特徴とする超音波装置。

30

【請求項 14】

請求項 1 乃至 13 のいずれかに記載の超音波装置を含むことを特徴とするプローブ。

【請求項 15】

請求項 1 乃至 13 のいずれかに記載の超音波装置を含むことを特徴とする電子機器。

【請求項 16】

請求項 1 乃至 13 のいずれかに記載の超音波装置と、
 表示部と、
 を含むことを特徴とする診断装置。

【請求項 17】

超音波装置に対して駆動信号を供給する駆動信号出力回路を含み、
 前記超音波装置は、
 前記第 1 の方向に沿って複数の超音波素子が配置された超音波素子列が、前記第 1 の方向に交差する第 2 の方向に沿って N 列配置される超音波素子群と、
 前記第 1 の方向に沿って配線される第 1 ~ 第 N の駆動電極線 (N は 2 以上の自然数) と

40

、
 第 1 の端子と、
 第 2 の端子と、
 を有し、

前記 N 列のうち第 i 列の超音波素子列を構成する超音波素子には、前記第 1 ~ 第 N の駆

50

動電極線のうちの第 i の駆動電極線 (i は N 以下の自然数) が接続され、
 前記第 i の駆動電極線の一端には、前記第 1 の端子が接続され、
 前記第 i の駆動電極線の他端には、前記第 2 の端子が接続され、
 前記駆動信号出力回路は、
 前記第 1 の端子と前記第 2 の端子に対して前記駆動信号を出力することを特徴とする処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波装置、プローブ、電子機器、診断装置及び処理装置等に関する。

10

【背景技術】

【0002】

プローブ先端から対象物に向かって超音波を出射し、その対象物から反射された超音波を検出する超音波装置 (例えば特許文献 1) が知られている。例えば、患者の体内を映像化して診断に用いる超音波診断装置などとして用いられている。超音波を出射する超音波素子として、一般的には piezo 素子が用いられている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2007 - 142555 号公報

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

さて、超音波素子として薄膜 piezo 素子を用いる場合を考える。piezo 素子が 1 列に配置され、その piezo 素子の列に沿って駆動電極線が配線され、その駆動電極線の一端側から駆動電圧が入力されるとする。このような片側印加方式の場合、駆動電圧が印加される一端側に近い piezo 素子に印加される電圧に対して、駆動電圧が印加されない他端側の piezo 素子に印加される電圧が、電圧降下することが判明した。これは、piezo 素子と配線により RC 分布定数回路が形成されることが原因と考えられる。このような電圧降下により、超音波の放射音圧分布が、駆動電圧の印加側に偏るという課題がある。

30

【0005】

本発明の幾つかの態様によれば、超音波の放射音圧分布の偏りを抑制することが可能な超音波装置、プローブ、電子機器、診断装置及び処理装置等を提供できる。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一態様は、前記第 1 の方向に沿って複数の超音波素子が配置された超音波素子列が、前記第 1 の方向に交差する第 2 の方向に沿って N 列 (N は 2 以上の自然数) 配置される超音波素子群と、前記第 1 の方向に沿って配線される第 1 ~ 第 N の駆動電極線と、第 1 の端子と、第 2 の端子と、を含み、前記 N 列のうち第 i 列の超音波素子列を構成する超音波素子には、前記第 1 ~ 第 N の駆動電極線のうちの第 i の駆動電極線 (i は N 以下の自然数) が接続され、前記第 i の駆動電極線の一端には、前記第 1 の端子が接続され、前記第 i の駆動電極線の他端には、前記第 2 の端子が接続される超音波装置に係する。

40

【0007】

本発明の一態様によれば、駆動電極線の一端に設けられた第 1 の端子と他端に設けられた第 2 の端子とに対して、超音波素子群を駆動する駆動信号を入力することが可能になる。これにより、超音波の放射音圧分布の偏りを抑制することが可能になる。

【0008】

また本発明の一態様では、前記超音波素子列に配置された前記複数の超音波素子の個数 M は、 m 以下 (m は 3 以上の自然数) であってもよい。

【0009】

50

所定深度における超音波素子列中央の音圧は、個数 M を増やしていても、音圧最大となる個数を過ぎると、低下していく。そのため、個数 M の上限を m 個に制限することで、大きな音圧を得ながら超音波素子アレイの面積（素子数）を節約することが可能になる。

【0010】

また本発明の一態様では、前記超音波素子群を駆動する駆動信号が前記第1の端子にのみ入力された場合に、前記超音波素子群が出力する超音波の前記第1の方向における音圧分布特性において、前記超音波素子列の中央における音圧がピーク値の半分となる時の前記第1の方向に配列される超音波素子の個数が a （ a は3以上の自然数）である場合、前記個数 M は $m = a$ 以下であってもよい。

【0011】

このようにすれば、個数 M の上限が $m = a$ 個に設定されることで、超音波素子列の両端から駆動信号を供給した場合に、超音波の音圧分布特性を超音波素子列の中央に収束させることが可能になる。

【0012】

また本発明の一態様では、前記第1の端子と前記第2の端子に前記駆動信号を入力した場合に、前記超音波素子群が出力する超音波の前記第1の方向における音圧分布特性が、前記第1の方向に配列される超音波素子の個数が $b + 1$ （ b は3以上の自然数）のときにダブルピークを有し、前記第1の方向に配列される超音波素子の個数が b のときにシングルピークを有する場合、前記個数 M は $m = b$ 以下であってもよい。

【0013】

このようにすれば、個数 M を増やした場合にシングルピークを保てる最大の個数 $M = b$ を、個数 M の最大値 m に設定できる。これにより、所定深度の音圧分布特性においてシングルピークを実現できる。

【0014】

また本発明の一態様では、前記超音波素子群を駆動する駆動信号を、前記第1の端子と前記第2の端子に対して出力する駆動信号出力回路を含んでもよい。

【0015】

また本発明の一態様では、前記駆動信号出力回路は、前記第1の端子と前記第2の端子に対して、異なる振幅の前記駆動信号を出力してもよい。

【0016】

このようにすれば、第1の端子と第2の端子に対して異なる振幅の駆動信号を出力することで、超音波素子列の第1の端子側又は第2の端子側に超音波ビームのピーク位置をシフトさせることが可能になる。

【0017】

また本発明の一態様では、前記駆動信号出力回路は、出力アンプと、前記出力アンプと前記第1の端子との間に設けられ、前記第1の端子に対する前記駆動信号の振幅を調節するための第1の可変抵抗と、前記出力アンプと前記第2の端子との間に設けられ、前記第2の端子に対する前記駆動信号の振幅を調節するための第2の可変抵抗と、を有してもよい。

【0018】

このようにすれば、第1の可変抵抗と第2の可変抵抗の抵抗値を調整することにより、第1の端子と第2の端子に対して異なる振幅の駆動信号を出力することが可能になる。

【0019】

また本発明の一態様では、前記超音波素子列に配置された前記複数の超音波素子は、 M （ M は2以上の自然数）個の超音波素子であり、前記超音波素子群は、前記超音波素子列が前記 N 列配置された、 M 行 N 列のマトリックス状の超音波素子群であってもよい。

【0020】

このようにすれば、超音波素子群を M 行 N 列のマトリックス状に配置できる。なお、本発明の一態様では、超音波素子群の配置はマトリックス状に限定されず、例えば千鳥状の配置等であってもよい。

10

20

30

40

50

【0021】

また本発明の一態様では、前記第2の方向に沿って配線される複数のコモン電極線を含んでもよい。

【0022】

このようにすれば、複数のコモン電極線を配線することで、超音波素子により駆動電極線とコモン電極線を絶縁できる。これにより、駆動電極線とコモン電極線を絶縁するための絶縁層を、超音波素子以外に設けなくてもよくできる。

【0023】

また本発明の一態様では、前記複数のコモン電極線に共通接続され、前記第1の方向に沿って配線される共通コモン電極線を、含んでもよい。

10

【0024】

また本発明の一態様では、前記共通コモン電極線の両端に設けられ、前記超音波素子群に対してコモン電圧を供給するための端子を、含んでもよい。

【0025】

このようにすれば、複数のコモン電極線を共通コモン電極線に接続することで、共通コモン電極線からコモン電圧を供給できる。また、複数のコモン電極線に対して、共通の端子からコモン電圧を供給できる。

【0026】

また本発明の他の態様は、複数の超音波素子が配置された超音波素子列と、前記複数の超音波素子に接続される駆動電極線と、前記駆動電極線の一端に接続される第1の端子と、前記駆動電極線の他端に接続される第2の端子と、を有する超音波装置に関する。

20

【0027】

また本発明の更に他の態様は、複数の超音波素子が配置された超音波素子列と、前記複数の超音波素子に接続される駆動電極線と、を含み、前記駆動電極線の両端には、前記複数の超音波素子を駆動する駆動信号が供給されることを特徴とする超音波装置に関する。

【0028】

また本発明の更に他の態様は、上記のいずれかに記載の超音波装置を含むプローブに関する。

【0029】

また本発明の更に他の態様は、上記のいずれかに記載の超音波装置を含む電子機器に関する。

30

【0030】

また本発明の更に他の態様は、上記のいずれかに記載の超音波装置を含む診断装置に関する。

【0031】

また本発明の更に他の態様は、超音波装置に対して駆動信号を供給する駆動信号出力回路を含み、前記超音波装置は、前記第1の方向に沿って複数の超音波素子が配置された超音波素子列が、前記第1の方向に交差する第2の方向に沿ってN列配置される超音波素子群と、前記第1の方向に沿って配線される第1～第Nの駆動電極線（Nは2以上の自然数）と、第1の端子と、第2の端子と、を有し、前記N列のうち第i列の超音波素子列を構成する超音波素子には、前記第1～第Nの駆動電極線のうちの第iの駆動電極線（iはN以下の自然数）が接続され、前記第iの駆動電極線の一端には、前記第1の端子が接続され、前記第iの駆動電極線の他端には、前記第2の端子が接続され、前記駆動信号出力回路は、前記第1の端子と前記第2の端子に対して前記駆動信号を出力する処理装置に関する。

40

【図面の簡単な説明】

【0032】

【図1】比較例の超音波装置。

【図2】比較例の超音波装置において、薄膜ピエゾ素子の電極間に印加される電圧振幅の

50

特性例。

【図3】図3(A)、図3(B)は、比較例の超音波装置における音圧分布特性のシミュレーション結果。

【図4】図4(A)、図4(B)は、比較例の超音波装置における音圧分布特性のシミュレーション結果。

【図5】図5(A)、図5(B)は、比較例の超音波装置における音圧分布特性のシミュレーション結果。

【図6】本実施形態の超音波装置の構成例。

【図7】本実施形態の超音波装置において、薄膜ピエゾ素子の電極間に印加される電圧振幅の特性例。

【図8】図8(A)、図8(B)は、本実施形態の超音波装置における音圧分布特性のシミュレーション結果。

【図9】図9(A)、図9(B)は、本実施形態の超音波装置における音圧分布特性のシミュレーション結果。

【図10】図10(A)、図10(B)は、本実施形態の超音波装置における音圧分布特性のシミュレーション結果。

【図11】図11(A)、図11(B)は、素子列の個数Mを変化させた場合の、中心音圧の特性例。

【図12】駆動電圧出力回路の詳細な構成例。

【図13】図13(A)、図13(B)は、駆動電圧出力回路を用いた場合の、超音波素子列における電圧振幅の特性例と、音圧分布の特性例。

【図14】図14(A)、図14(B)は、超音波素子の構成例。

【図15】ヘッドユニットの構成例。

【図16】図16(A)～図16(C)は、ヘッドユニットの詳細な構成例。

【図17】図17(A)、図17(B)は、超音波プローブの構成例。

【図18】超音波診断装置の構成例。

【発明を実施するための形態】

【0033】

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。

【0034】

1. 比較例

まず、本実施形態の比較例として、片側印加方式の超音波装置について説明する。図1に、比較例の超音波装置を示す。

【0035】

図1に示す超音波装置は、超音波素子アレイ100を含む。超音波素子アレイ100は、位相走査を行うための位相が制御された駆動電圧が供給される駆動端子 $T a 1 \sim T a N$ (N は2以上の自然数)と、駆動端子 $T a 1 \sim T a N$ に接続される駆動電極線 $S L 1 \sim S L N$ と、薄膜ピエゾ素子 $P 1 1 \sim P M N$ (M は2以上の自然数)と、コモン電圧が供給されるコモン端子 $C T a 1$ 、 $C T a 2$ と、コモン端子 $C T a 1$ 、 $C T a 2$ に接続される共通コモン電極線 $A L 1$ 、 $A L 2$ と、共通コモン電極線 $A L 1$ 、 $A L 2$ に接続されるコモン電極線 $C L 1 \sim C L M$ を含む。

【0036】

なお、以下では説明を簡単にするため、薄膜ピエゾ素子 $P 1 1 \sim P M N$ のうち第 i 列の薄膜ピエゾ素子 $P 1 i \sim P M i$ (i は N 以下の自然数)を例に説明する。

【0037】

薄膜ピエゾ素子 $P 1 i \sim P M i$ の一方の電極には、駆動電極線 $S L i$ が接続され、駆動端子 $T a i$ に供給された駆動電圧が印加される。駆動電圧は、出射超音波と同一周波数の交流電圧である。他方の電極には、それぞれコモン電極線 $C L 1 \sim C L M$ が接続され、コ

10

20

30

40

50

モン端子CTa1、CTa2に供給されたコモン電圧が印加される。コモン電圧は所定の直流電圧である。

【0038】

この比較例では、駆動端子T a iが接続された駆動電極線S L iの一端側のみから駆動電圧が供給される。このような片側印加方式の場合、端子T a iに近い薄膜ピエゾ素子P 1 iに印加される電圧振幅に対して、端子T a iから遠い薄膜ピエゾ素子ほど印加される電圧振幅が小さくなる（電圧降下する）。これは、薄膜ピエゾ素子の両面に駆動電極とコモン電極が設けられる構造であるため、薄膜ピエゾ素子の電極間に寄生容量が見えることが原因である。即ち、その寄生容量と配線抵抗によりRC分布定数線路が形成され、かつ駆動電極線S L iの他端側がフローティング状態であることが原因である。

10

【0039】

図2に、片側印加方式において、薄膜ピエゾ素子の電極間に印加される電圧振幅の特性例を示す。図2には、薄膜ピエゾ素子の寄生容量と、駆動電極線及びコモン電極線の寄生抵抗をモデル化し、駆動電極線S L iの片側の電極T a iから駆動電圧を供給した場合のシミュレーション結果を示す。図2のA1～A6には、薄膜ピエゾ素子P 1 i～P M iの個数Mが、それぞれ7、9、10、15、20、25個である場合に、薄膜ピエゾ素子の電極間に印加される電圧振幅の特性例を示す。横軸の素子位置は、駆動端子T a i側から何個目の薄膜ピエゾ素子であるかを示す。

【0040】

A1～A6に示すように、駆動端子T a iから離れた薄膜ピエゾ素子ほど電極間に印加される駆動電圧振幅は小さくなるのが分かる。また、薄膜ピエゾ素子の素子数が増えるほど、同じ素子位置での電圧振幅の降下は顕著となることが分かる。このように電極間に印加される電圧振幅が小さくなると、それに比例して薄膜ピエゾ素子の変位量が小さくなるため、その薄膜ピエゾ素子から放射される音圧が小さくなる。そのため、超音波の放射音圧が駆動端子T a iから離れるほど小さくなり、放射音圧分布が駆動端子T a i側に偏ってしまう。また、中心音圧（素子位置M/2における音圧）が低下してしまう。これらの偏りや音圧低下は、高周波であるほど顕著である。

20

【0041】

図3(A)～図5(B)に、片側印加方式において、駆動電圧の周波数が3.5MHzである場合の音圧分布特性のシミュレーション結果を示す。図3(A)～図5(B)において、x軸は、素子列に沿った方向（図1のD1に平行な方向）の位置を表し、x=0に図1の超音波装置が設置されており、マイナス側が駆動端子T a i側である。図3(A)、図4(A)、図5(A)では、z軸は深度を表し、等音圧線により音圧分布を表している。深度とは、超音波の出射方向における位置、即ち、超音波素子アレイにおいて超音波を出射する面の法線に沿った方向における位置である。

30

【0042】

図3(A)、図3(B)には、素子列の個数Mが10個である場合、図4(A)、図4(B)には、素子列の個数Mが15個である場合、図5(A)、図5(B)には、素子列の個数Mが20個である場合の音圧分布特性例を示す。

【0043】

これらの音圧分布を見て分かるように、音圧が最も大きくなる超音波ビームのピークが駆動端子T a i側に偏っており、その偏りが素子数Mが増えるに従って大きくなる。例えば、図3(A)、図4(A)、図5(A)に示すように、超音波ビームの等音圧線は、x=0を中心として非対称であり、素子数Mが増えるほど非対称性が増す。また、深度30mmにおける音圧ピークは、図4(B)に示すようにM=15個ではx=-1.5mmに存在し、図5(B)に示すようにM=20個ではx=-2.5mmに存在する。深度10mmにおける音圧ピークは、素子数Mが増えるほどx=0に対して対称でなくなり、端子側の音圧の方が大きくなり、図5(B)に示すようにM=20個ではx=-1.5mmに存在する。

40

【0044】

50

また、素子列の中心 $x = 0$ における音圧は、音圧分布の偏りにともなって素子数 M が増えるほど小さくなる。図 3 (B)、図 4 (B)、図 5 (B) には、音圧分布のピーク音圧を数値で示す。このピーク電圧は、電圧振幅の降下がなければ素子数 M が増えるほど大きくなるのが通常である。しかしながら、RC 分布定数回路により電圧が降下すると、素子数 M の増加が音圧にあまり寄与せず、素子数 M を増やしてもピーク音圧を大きくできない。

【 0 0 4 5 】

2. 本実施形態における超音波装置の構成例

図 6 に、上記のような音圧分布の偏りや音圧低下という課題を解決可能な本実施形態の超音波装置の構成例を示す。なお以下では超音波素子（狭義には超音波トランスデューサー素子）が薄膜 piezo 素子（圧電素子）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ない。即ち、超音波素子は電気信号を超音波に変換する素子であればよく、超音波素子の電極間に寄生容量が存在していればよい。例えば、薄膜でない piezo 素子等であってもよい。

10

【 0 0 4 6 】

図 6 に示す超音波装置は、超音波素子アレイ 100 を含む。超音波素子アレイ 100 は、駆動電極線 $SL1 \sim SLN$ (N は 2 以上の自然数) と、駆動電極線 $SL1 \sim SLN$ の一端側に接続される駆動端子 $Ta1 \sim TaN$ と、駆動電極線 $SL1 \sim SLN$ の他端側に接続される駆動端子 $Tb1 \sim TbN$ と、超音波素子群を構成する複数の薄膜 piezo 素子 $P11 \sim PMN$ (広義には複数の超音波素子) と、共通コモン電極線 $AL1$ 、 $AL2$ と、共通コモン電極線 $AL1$ 、 $AL2$ の一端側に接続されるコモン端子 $CTa1$ 、 $CTa2$ と、共通コモン電極線 $AL1$ 、 $AL2$ の他端側に接続されるコモン端子 $CTb1$ 、 $CTb2$ と、共通コモン電極線 $AL1$ 、 $AL2$ に接続されるコモン電極線 $CL1 \sim CLM$ (M は 2 以上の自然数) を含む。

20

【 0 0 4 7 】

超音波素子アレイ 100 には、複数の薄膜 piezo 素子 $P11 \sim PMN$ が 2 次元に配列される。即ち、超音波素子群の各列には、 M 個の薄膜 piezo 素子が第 1 の方向 $D1$ に沿って配置され、超音波素子群の各行には、 N 個の薄膜 piezo 素子が、第 1 の方向 $D1$ に直交する (広義には交差する) 第 2 の方向 $D2$ に沿って配置される。薄膜 piezo 素子は、例えばシリコン基板の上に駆動電極線、薄膜 piezo 素子、コモン電極線の順に積層されることにより形成され、薄膜 piezo 素子の一方の面に駆動電極が設けられ、他方の面にコモン電極が設けられた構造となっている。電極線は、例えば金属配線により形成される。

30

【 0 0 4 8 】

本実施形態は、素子列の両端から駆動電圧が供給される両側印加方式である。即ち、駆動端子 $Ta1 \sim TaN$ 、 $Tb1 \sim TbN$ には、例えば図 12 で後述する駆動電圧出力回路からの駆動電圧 (広義には駆動信号) が供給される。駆動電極線 SLi (i は N 以下の自然数) の両端の端子 Tai 、 Tbi には同一振幅で同位相の交流電圧が駆動電圧として入力される。駆動端子 $Ta1 \sim TaN$ 、 $Tb1 \sim TbN$ には、位相走査を行うために位相が制御された駆動電圧が供給される。即ち、第 2 の方向 $D2$ は位相走査におけるスキャン方向に対応し、第 1 の方向 $D1$ はスライス方向に対応する。なお、図 12 で後述するように、端子 Tai 、 Tbi には異なる振幅の駆動電圧が供給されてもよい。

40

【 0 0 4 9 】

駆動電極線 $SL1 \sim SLN$ は、第 1 の方向 $D1$ に沿って配線され、対応する列の薄膜 piezo 素子に接続される。具体的には、駆動電極線 $SL1 \sim SLN$ のうち第 i の駆動電極線 SLi は、第 i 列の薄膜 piezo 素子 $P1i \sim PMi$ の駆動電極に接続される。

【 0 0 5 0 】

コモン電極線 $CL1 \sim CLM$ は、第 2 の方向 $D2$ に沿って配線され、対応する行の薄膜 piezo 素子に接続される。具体的には、コモン電極線 $CL1 \sim CLM$ のうち第 j のコモン電極線 CLj (j は 3 以上 M 以下の自然数) は、第 j 列の薄膜 piezo 素子 $Pj1 \sim PjN$ のコモン電極に接続される。コモン電極線 $CL1 \sim CLM$ の一端は、共通コモン電極線 A

50

L 1 に接続され、他端は、共通コモン電極線 A L 2 に接続される。コモン電極線 C L 1 ~ C L M には、コモン端子 C T a 1、C T a 2、C T b 1、C T b 2 を介してコモン電圧が供給される。コモン端子 C T a 1、C T a 2、C T b 1、C T b 2 には、同一電圧の直流電圧が、図示しないコモン電圧出力回路から供給される。

【 0 0 5 1 】

図 6 に示す超音波装置は、例えば 1 チップの集積回路装置として形成される。この場合、駆動端子やコモン端子はチップの端子に対応し、その端子に対してチップ外部から駆動電圧やコモン電圧が供給される。なお、本実施形態ではこれに限定されず、超音波装置は、図 6 の構成に加えて駆動電圧出力回路（例えば図 1 2 に示す駆動電圧出力回路）やコモン電圧出力回路を含んでもよい。この場合、駆動電圧出力回路やコモン電圧出力回路も集積回路装置に集積され、駆動端子やコモン端子は回路ブロック間の端子に対応する。

10

【 0 0 5 2 】

3 . 特性例

図 7 に、両側印加方式の本実施形態において、薄膜ピエゾ素子の電極間に印加される電圧振幅の特性例を示す。図 7 には、薄膜ピエゾ素子の寄生容量と、駆動電極線及びコモン電極線の寄生抵抗をモデル化し、駆動電極線 S L i の両側の端子 T a i、T b i から駆動電圧を供給した場合のシミュレーション結果を示す。端子 T a i、T b i に供給する駆動電圧は比較例と同一であり、モデルの寄生容量や寄生抵抗も比較例と同一である。図 7 の B 1 ~ B 6 には、薄膜ピエゾ素子 P 1 i ~ P M i の個数 M が、それぞれ 7、9、10、15、20、25 個である場合に、薄膜ピエゾ素子の電極間に印加される電圧振幅の特性例を示す。横軸の素子位置は、駆動端子 T a i 側から何個目の薄膜ピエゾ素子であるかを示す。

20

【 0 0 5 3 】

B 1 ~ B 6 に示すように、薄膜ピエゾ素子の電極間に印加される電圧振幅は、素子列の両端で同一であり、図 2 の比較例のように端子 T a i から離れるほど降下する特性ではない。また、素子列中央（素子位置 $M / 2$ ）に近いほど電圧振幅が降下するが、図 2 の比較例と比べて素子列中央における降下量が小さい（電圧振幅が大きい）。このように、素子列の両端から駆動電圧を印加することで、薄膜ピエゾ素子の電極間に印加される電圧振幅の特性が素子列中央に対して対称となり、また電圧振幅の降下が抑制される。そのため、超音波の放射音圧分布が素子列中央に対して対称となり、また同一素子数及び同一駆動電圧では比較例に比べて放射音圧が向上する。これにより、片側印加方式の比較例と比べて、少ない素子数、あるいは低い駆動電圧であっても、より高い放射音圧が得られることが期待できる。

30

【 0 0 5 4 】

図 8 (A) ~ 図 1 0 (B) に、両側印加方式の本実施形態において、駆動電圧の周波数が 3 . 5 M H z である場合の音圧分布特性のシミュレーション結果を示す。端子 T a i、T b i に供給する駆動電圧は比較例と同一である。図 8 (A) ~ 図 1 0 (B) において、x 軸は、素子列に沿った方向（図 6 の D 1 に平行な方向）の位置を表し、 $x = 0$ に図 1 の超音波装置が設置されており、マイナス側が駆動端子 T a i 側である。図 8 (A)、図 9 (A)、図 1 0 (A) では、z 軸は深度を表し、等音圧線により音圧分布を表している。深度とは、図 6 の方向 D 1、D 2 に直交する超音波の出射方向における位置である。

40

【 0 0 5 5 】

図 8 (A)、図 8 (B) には、素子列の個数 M が 10 個である場合、図 9 (A)、図 9 (B) には、素子列の個数 M が 15 個である場合、図 1 0 (A)、図 1 0 (B) には、素子列の個数 M が 20 個である場合の音圧分布特性例を示す。

【 0 0 5 6 】

これらの音圧分布を見て分かるように、音圧が最も大きくなる超音波ビームのピークが駆動端子 T a i、T b i のいずれの側にも偏っていないことが分かる。例えば、図 8 (A)、図 9 (A)、図 1 0 (A) に示すように、超音波ビームの等音圧線は、 $x = 0$ を中心として対称である。また、深度 30 m m における音圧ピークは、図 8 (B) に示すように

50

M = 10個では $x = 0$ に存在し、図9(B)に示すようにM = 15個では $x = +1.5$ mm、 $x = -1.5$ mmに存在し、図10(B)に示すようにM = 20個では $x = +2.5$ mm、 $x = -2.5$ mmに存在する。深度10mmにおける音圧ピークは、図8(B)、図9(B)に示すように、M = 10、15個では $x = 0$ に存在し、図10(B)に示すようにM = 20個では $x = +0.5$ mm、 $x = -0.5$ mmに存在する。

【0057】

また、図3(A)～図5(B)の比較例と図8(A)～図10(B)の本実施形態を比べると、いずれの素子数Mにおいても、音圧のピーク値と素子列中心 $x = 0$ における音圧はともに本実施形態の方が大きい。このように両側印加方式にすることで、薄膜ピエゾ素子アレイのRC定数分布回路により生じる電圧降下が軽減され、片側印加方式よりも大きな音圧を得ることが可能になる。

10

【0058】

次に、素子列中心 $x = 0$ における音圧(中心音圧)について、より詳細に説明する。図11(A)、図11(B)に、素子列の個数Mを変化させた場合の、中心音圧の特性例を示す。シミュレーション条件は、図3(A)～図5(B)の比較例や図8(A)～図10(B)の本実施形態と同様である。

【0059】

図11(A)には、駆動電圧の周波数が3.5MHzである場合の深度10mmにおけるシミュレーション結果を示す。D1、D2には、それぞれ片側印加方式、両側印加方式のシミュレーション結果を示す。D1、D2に示すように、個数Mに依らず両側印加方式の方が高い中心音圧を得られ、強い超音波ビームを出射できる。また、いずれの方式でも電圧降下により個数Mの増加に伴って中心音圧が低下するが、片側印加方式ではM = 7個で中心音圧が最大となるのに比べて、両側印加方式では、それより多いM = 9個で中心音圧が最大となる。これは、両側印加方式とすることで電圧降下が軽減されたことによるものであり、片側印加方式に比べて素子数Mを増やして、より強い中心音圧を実現できることを示している。

20

【0060】

図11(B)には、駆動電圧の周波数が3.5MHzである場合の深度30mmにおけるシミュレーション結果を示す。D3、D4には、それぞれ片側印加方式、両側印加方式のシミュレーション結果を示す。D3、D4に示すように、片側印加方式ではM = 9個で中心音圧が最大となり、両側印加方式ではM = 10個で中心音圧が最大となる。図11(A)と同様に、片側印加方式に比べて素子数Mを増やして、より強い中心音圧を実現できることが分かる。

30

【0061】

4. 駆動電圧出力回路

図12に、上記の駆動電圧を出力する駆動電圧出力回路の詳細な構成例を示す。図12に示す駆動電圧出力回路50は、駆動信号制御回路20、駆動信号発生回路30、駆動アンプ回路DA1～DANを含む。なお、駆動電圧出力回路は、超音波装置(図18の素子チップ200)に含まれてもよいし、処理装置(図18の処理装置330)に含まれてもよい。

40

【0062】

駆動信号制御回路20は、CPU10(制御回路)からの制御指示に基づいて、駆動信号発生回路30の制御を行う。例えば、駆動信号制御回路20は、駆動信号S1～SNの位相を制御することで位相走査の制御を行ったり、駆動信号S1～SNの振幅を制御することで超音波の音圧を制御したりする。駆動信号発生回路30は、駆動信号制御回路20からの制御に基づいて、駆動アンプ回路DA1～DANに対して駆動信号S1～SNを出力する。

【0063】

駆動アンプ回路DA1～DANは、駆動信号S1～SNを増幅し、増幅により得られた駆動電圧Va1～VaN、Vb1～VbNを駆動端子Ta1～TaN、Tb1～TbNに

50

対して出力する。なお以下では駆動アンプ回路 D A 1 を例に詳細な構成例について説明するが、駆動アンプ回路 D A 2 ~ D A N についても同様である。

【 0 0 6 4 】

駆動アンプ回路 D A 1 は、アンプ回路 A M 1、可変抵抗 R a 1、R b 1 を含む。アンプ回路 A M 1 は、信号 S 1 を増幅して電圧 Q 1 (又は電流) を出力する。可変抵抗 R a 1、R b 1 は、C P U 1 0 からの制御に基づいて抵抗が可変に制御される。R a 1 の抵抗値が R b 1 の抵抗値よりも小さい値に設定された場合には、端子 T a 1 の電圧振幅は端子 T b 1 の電圧振幅よりも大きくなる。一方、R a 1 の抵抗値が R b 1 の抵抗値よりも大きい値に設定された場合には、端子 T a 1 の電圧振幅は端子 T b 1 の電圧振幅よりも小さくなる。R a 1 の抵抗値と R b 1 の抵抗値が同一値に設定された場合には、端子 T a 1 の電圧振幅と端子 T b 1 の電圧振幅が同一になる。

10

【 0 0 6 5 】

図 1 3 (A)、図 1 3 (B) に、上記駆動電圧出力回路 5 0 を用いた場合の、素子列 P 1 1 ~ P M 1 における電圧振幅の特性例と、音圧分布の特性例を模式的に示す。

【 0 0 6 6 】

図 1 3 (A) に示すように、可変抵抗を $R a 1 < R b 1$ に設定すると、電圧振幅は $V a 1 > V b 1$ となり、端子 T a 1 側から端子 T b 1 側に向かって電圧振幅が低下していく。そのため、超音波の放射音圧分布は、素子列中央から端子 T a 1 側へシフトする。一方、図 1 3 (B) に示すように、可変抵抗を $R a 1 > R b 1$ に設定すると、電圧振幅は $V a 1 < V b 1$ となり、端子 T b 1 側から端子 T a 1 側に向かって電圧振幅が低下していく。そのため、超音波の放射音圧分布は、素子列中央から端子 T b 1 側へシフトする。このように、可変抵抗の抵抗値を調整することで、両側印加方式のメリットを得ながら音圧分布をスライス方向にシフトさせることができる。

20

【 0 0 6 7 】

また、可変抵抗 R a 1、R b 1 の抵抗値を大きくすれば、駆動電圧 V a 1、V b 1 の電圧振幅は小さくなり、放射音圧のピーク値は小さくなる。可変抵抗 R a 1、R b 1 の抵抗値を小さくすれば、駆動電圧 V a 1、V b 1 の電圧振幅は大きくなり、放射音圧のピーク値は大きくなる。このように、駆動信号 S 1 ~ S N の調整だけでなく、可変抵抗 R a 1、R b 1 の抵抗値を調整することでも放射音圧のピーク値を調整することが可能である。

【 0 0 6 8 】

以上の実施形態によれば、図 6 に示すように、超音波装置は、第 1 の方向 D 1 に沿って複数の超音波素子 P 1 i ~ P M i が配置された超音波素子列が、第 1 の方向 D 1 に交差する第 2 の方向 D 2 に沿って N 列配置される超音波素子群 P 1 1 ~ P M N と、第 1 の方向 D 1 に沿って配線される第 1 ~ 第 N の駆動電極線 S L 1 ~ S L N (N は 2 以上の自然数) と、第 1 の端子 T a i と、第 2 の端子 T b i と、を有する。N 列のうち第 i 列の超音波素子列を構成する超音波素子 P 1 i ~ P M i には、第 1 ~ 第 N の駆動電極線 S L 1 ~ S L N のうちの第 i の駆動電極線 S L i (i は N 以下の自然数) が接続される。第 i の駆動電極線 S L i の一端には、第 1 の端子 T a i が接続され、第 i の駆動電極線 S L i の他端には、第 2 の端子 T b i が接続される。

30

【 0 0 6 9 】

なお、図 6 で説明したように、超音波素子は薄型ピエゾ素子に限定されず、電気信号 (駆動電圧又は駆動電流) を超音波に変換する素子であればよい。また、端子 T a i、T b i に供給される駆動信号は駆動電圧 V a i、V b i に限定されず、駆動電流であってもよい。また、超音波素子群を構成する超音波素子列の列数は、上記 N 列 (N は 2 以上の自然数) に限定されず、1 列であってもよい。

40

【 0 0 7 0 】

ここで、超音波素子列が N 列配置された超音波素子群は、マトリックス状の配置に限定されず、複数の単位要素が 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、超音波素子群は千鳥状の配置であってもよい。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

50

変形した場合を含む。千鳥状の配置とは、超音波素子 M 個の列と超音波素子 $M - 1$ 個の列が交互に並び、 M 個の列の超音波素子が、 $(2M - 1)$ 行の中の奇数行に配置され、 $M - 1$ 個の列の超音波素子が、 $(2M - 1)$ 行の中の偶数行に配置される配置である。

【0071】

さて、図1～図5(B)で説明したように、超音波素子の寄生容量と配線の寄生抵抗によりRC定数分布回路が形成されるため、駆動信号の入力端から遠い超音波素子ほど、その電極間に印加される駆動信号の振幅が低下する。そのため、片側印加方式では、超音波の放射音圧分布が非対称な特性になったり、音圧が低下するという課題がある。

【0072】

この点、本実施形態によれば、超音波素子群 $P_{11} \sim P_{MN}$ に駆動信号を供給するための端子 T_{ai} 、 T_{bi} が、駆動電極線 S_{Li} の両端に設けられる。これにより、図7等で説明したように、駆動電極線 S_{Li} に接続された超音波素子列に対して両端から駆動信号を印加できるため、駆動信号の振幅が素子列両端から中央に向かって低下する特性にでき、音圧分布を素子列中央に収束させることができる。また、駆動信号の振幅低下を抑制できるため、超音波素子数を増加させなくとも片側印加方式に比べて放射音圧を向上できる。また、同等の放射音圧を実現するために片側印加方式よりも少ない超音波素子数で良いため、超音波素子アレイ100を小型化することが可能になる。

【0073】

また本実施形態では、前記超音波素子列に配置された前記複数の超音波素子 $P_{1i} \sim P_{Mi}$ の個数 M は、 m 以下 (m は3以上の自然数) である。

【0074】

図11(A)、図11(B)等で説明したように、所定深度における素子列中央の音圧は、個数 M を変化させた場合に最大値が存在し、個数 M を増やしたからといって素子列中央の音圧が上昇するわけではない。この点、本実施形態によれば、個数 M の上限を制限することで、大きな音圧を得ながら超音波素子アレイ100の面積を節約できる。具体的には、音圧最大となる個数 M が3以上 m 以下の範囲内に入るように m を設定すればよい。例えば、ピーク音圧が、個数 M を変化させた場合の最大値の $1/2$ となるときの個数 M を、 m として設定すればよい。

【0075】

また本実施形態では、第1の端子 T_{ai} にのみ駆動信号が入力された場合に、超音波素子アレイ100が出力する超音波の第1の方向 D_1 における音圧分布特性において、超音波素子列の中央における音圧がピークの半分となるときの第1の方向 D_1 に配列される超音波素子の個数が a (a は3以上の自然数) である場合、個数 M は $m = a$ 以下に設定されてもよい。

【0076】

ここで、超音波素子列の中央とは、超音波素子列を構成する超音波素子 $P_{1i} \sim P_{Mi}$ の個数を半分に分ける位置のことである。即ち、個数 M が偶数の $2k$ 個 (k は自然数) である場合、超音波素子列の一端から k 個目の超音波素子と、 $k + 1$ 個目の超音波素子との中間の位置が、超音波素子列の中央である。個数 M が奇数の $2k + 1$ 個である場合、超音波素子列の一端から $k + 1$ 個目の超音波素子の位置が、超音波素子列の中央である。

【0077】

また、第1の端子 T_{ai} にのみ駆動信号が入力された場合における「音圧のピーク」とは、超音波ビームの音圧特性において、音圧が最大のピークのことである。例えば、図4(B)に示す深度10mmの音圧特性には、音圧 6980 Pa のピーク以外にも複数の小さなピークが存在するが、最大音圧 6980 Pa のピークを「音圧のピーク」と呼ぶ。なお、第1、第2の端子 T_{ai} 、 T_{bi} の両方に駆動信号が入力された場合における「音圧のピーク」は、(例えば図9(B)の 8757 Pa) と、 $x = 0$ に対して最大音圧のピークと対称な位置のピーク (8352 Pa) である。図8(B)に示すように $x = 0$ に最大音圧のピーク (12277 Pa) があるときは、そのピークが「音圧のピーク」である。

【0078】

10

20

30

40

50

例えば本実施形態において深度30mmの音圧分布特性を例にとり、片側印加方式と両側印加方式を比較する。片側印加方式では、図3(B)に示すように、 $M = 10$ 個では素子列中央 $x = 0$ にピーク7160Paがあり、図4(B)、図5(B)に示すように、 $M = 15$ 、20個では素子列中央 $x = 0$ での音圧はピーク6980Pa、6875Paの半分より小さい。即ち、素子列中央 $x = 0$ での音圧がピークの半分となる個数 M は10より大きく15より小さいことがわかる。この場合、両側印加方式では、図8(B)に示すように、 $M = 10$ 個では素子列中央 $x = 0$ にピーク12277Paがあり、図9(B)、図10(B)に示すように、 $M = 15$ 、20個では素子列中央 $x = 0$ がピークとならず超音波ビームが中央に収束しないことがわかる。

【0079】

この点、本実施形態によれば、片側印加方式において超音波素子列の中央における音圧がピークの半分となるときの個数 $M = a$ である場合に、個数 M を a 以下に設定できる。これにより、超音波ビームを中央(又は1つに)収束することが可能になる。例えば上記深度30mmの例では、片側印加方式において a は10より大きく15より小さい個数であり、両側印加方式において個数 M を a 以下とすることで、超音波ビームが収束しない個数 $M = 15$ 個、20個を排除できる。

【0080】

また本実施形態では、第1の端子 T_{ai} と第2の端子 T_{bi} に駆動信号を入力した場合に、超音波素子群 $P_{11} \sim P_{MN}$ が出力する超音波の第1の方向 D_1 における音圧分布特性が、第1の方向 D_1 に配列される超音波素子の個数が $b+1$ (b は3以上の自然数)のときにダブルピークを有し、第1の方向 D_1 に配列される超音波素子の個数が b のときにシングルピークを有する場合、 $m = b$ に設定されてもよい。

【0081】

ここで、シングルピークとは、所定深度の音圧分布特性においてピークが一つであることをいう。即ち、例えば図8(B)に示す深度30mmの音圧分布特性のように、対称軸(例えば素子列中央 $x = 0$)を中心に左右対称な特性であり、その対称軸上に音圧の最大値が存在する場合である。

【0082】

また、ダブルピークとは、所定深度の音圧分布特性においてピークが二つであることをいう。即ち、例えば図9(B)に示す深度30mmの音圧分布特性のように、対称軸(例えば素子列中央 $x = 0$)を中心に左右対称な特性であり、その対称軸上が音圧の最大値ではなく、音圧が最大の第1ピーク8757Paと、第1ピークの音圧と同等(例えば第1ピーク音圧の90パーセント以上)の第2ピーク8352Paが、対称軸を中心に対称な位置 $x = \pm 1.5$ mmに存在する場合である。

【0083】

このようにすれば、個数 M を増やした場合にシングルピークを保てる最大の個数 $M = b$ を、個数 M の最大値 m に設定できる。これにより、所定深度の音圧分布特性においてシングルピークを実現でき、超音波ビームを1つに収束させることが可能になる。

【0084】

また本実施形態では、図12に示すように、超音波装置は、超音波素子群 $P_{11} \sim P_{MN}$ を駆動する駆動信号(駆動電圧 V_{ai} 、 V_{bi})を、第1の端子 T_{ai} と第2の端子 T_{bi} に対して出力する駆動信号出力回路(駆動電圧出力回路50)を含む。

【0085】

具体的には、駆動信号出力回路は、第1の端子 T_{ai} と第2の端子 T_{bi} に対して、異なる振幅の駆動信号(駆動電圧 V_{ai} 、 V_{bi})を出力する。

【0086】

このようにすれば、図13(A)、図13(B)で説明したように、端子 T_{ai} 、 T_{bi} に出力する駆動信号の振幅を調整することで、スライス方向(図6の D_1)において超音波ビームのピーク位置を調整できる。

【0087】

10

20

30

40

50

また本実施形態では、図12に示すように、駆動信号出力回路は、出力アンプ AM_i （例えば駆動アンプ回路 DA_1 では $i=1$ ）と、出力アンプ AM_i と第1の端子 T_{ai} との間に設けられ、第1の端子 T_{ai} に対する駆動信号の振幅を調節するための第1の可変抵抗 R_{ai} と、出力アンプ AM_i と第2の端子 T_{bi} との間に設けられ、第2の端子 T_{bi} に対する駆動信号の振幅を調節するための第2の可変抵抗 R_{bi} と、を有する。

【0088】

このようにすれば、可変抵抗 R_{ai} 、 R_{bi} の抵抗値を調整することにより、端子 T_{ai} 、 T_{bi} に出力する駆動信号（駆動電圧 V_{ai} 、 V_{bi} ）の振幅を調整することができる。

【0089】

また本実施形態では、図6に示すように、超音波装置は、第2の方向 D_2 に沿って配線される複数のコモン電極線 $CL_1 \sim CL_M$ を含む。

【0090】

具体的には、第 i 列の超音波素子列を構成する第1～第 M の超音波素子 $P_{1i} \sim P_{Mi}$ のうち第 j の超音波素子 P_{ji} には、複数のコモン電極線である第1～第 M のコモン電極線 $CL_1 \sim CL_M$ のうち第 j のコモン電極線 CL_j が接続される。

【0091】

このようにすれば、1つなりのベタのコモン電極線でなく複数のコモン電極線 $CL_1 \sim CL_M$ を配線することで、超音波素子（薄膜ピエゾ素子）により駆動電極線とコモン電極線を絶縁できる。これにより、駆動電極線とコモン電極線を絶縁するための絶縁層を、超音波素子以外に設けなくてもよくできる。

【0092】

また本実施形態では、図6に示すように、超音波装置は、複数のコモン電極線 $CL_1 \sim CL_M$ に共通接続され、第1の方向 D_1 に沿って配線される共通コモン電極線 AL_1 、 AL_2 を、含む。

【0093】

また本実施形態では、超音波装置は、共通コモン電極線 AL_1 、 AL_2 の両端に設けられ、超音波素子群 $P_{11} \sim P_{MN}$ に対してコモン電圧を供給するための端子 CT_{a1} 、 CT_{b1} 、 CT_{a2} 、 CT_{b2} を、含む。

【0094】

このようにすれば、複数のコモン電極線 $CL_1 \sim CL_M$ を共通コモン電極線 AL_1 、 AL_2 にまとめることができる。また、複数のコモン電極線 $CL_1 \sim CL_M$ に対して、共通の端子 CT_{a1} 、 CT_{b1} 、 CT_{a2} 、 CT_{b2} からコモン電圧を供給できる。

【0095】

5. 超音波素子

図14(A)、図14(B)に、超音波素子群 $P_{11} \sim P_{MN}$ を構成する超音波素子の構成例を示す。なお以下では適宜、超音波素子を超音波トランスデューサー素子とも呼ぶ。

【0096】

図14(A)、図14(B)に示す超音波トランスデューサー素子 UE は、第1電極層 EL_1 、圧電体層 PE 、第2電極層 EL_2 、メンブレン（支持部材） MB 、空洞領域（空洞部） CAV を含む。なお、本実施形態の超音波トランスデューサー素子 UE は図14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。

【0097】

図14(A)は、基板（シリコン基板） SUB に形成された超音波トランスデューサー素子 UE 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14(B)は、図14(A)の $A-A'$ に沿った断面を示す断面図である。

【0098】

第1電極層 EL_1 は、メンブレン MB の上層に例えば金属薄膜で形成される。この第1

10

20

30

40

50

電極層（下部電極層）E L 1は、図14（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U Eに接続される配線であってもよい。

【0099】

圧電体層P Eは、例えばP Z T（ジルコン酸チタン酸鉛）薄膜により形成され、第1電極層E L 1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P Eの材料は、P Z Tに限定されるものではなく、例えばチタン酸鉛（ $P b T i O_3$ ）、ジルコン酸鉛（ $P b Z r O_3$ ）、チタン酸鉛ランタン（ $(P b, L a) T i O_3$ ）などを用いてもよい。

【0100】

第2電極層（上部電極層）E L 2は、例えば金属薄膜で形成され、圧電体層P E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E L 2は、図14（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U Eに接続される配線であってもよい。

10

【0101】

メンブレンM Bは、例えば $S i O_2$ 薄膜と $Z r O_2$ 薄膜との2層構造により空洞領域C A Vの上層に設けられる。このメンブレンM Bは、圧電体層P E及び第1、第2電極層E L 1、E L 2を支持すると共に、圧電体層P E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。

【0102】

空洞領域C A Vは、シリコン基板S U B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（R I E）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C A Vの開口部O Pより超音波が放射される。

20

【0103】

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

【0104】

圧電体層P Eは、第1の電極と第2の電極との間、即ち第1電極層E L 1と第2電極層E L 2との間に電圧が印加されることで、面内方向に伸縮する。圧電体層P Eの一方の面は第1電極層E L 1を介してメンブレンM Bに接合されているが、他方の面には第2電極層E L 2が形成されるものの、第2電極層E L 2上には他の層が形成されない。そのため圧電体層P EのメンブレンM B側が伸縮しにくく、第2電極層E L 2側が伸縮し易くなる。従って、圧電体層P Eに電圧を印加すると、空洞領域C A V側に凸となる撓みが生じ、メンブレンM Bを撓ませる。圧電体層P Eに交流電圧を印加することで、メンブレンM Bが膜厚方向に対して振動し、このメンブレンM Bの振動により超音波が開口部O Pから放射される。圧電体層P Eに印加される電圧は、例えば10～30Vであり、周波数は例えば1～10MHzである。

30

【0105】

6. ヘッドユニット

40

図15に、図6の超音波装置が搭載されるヘッドユニット220の構成例を示す。図15に示すヘッドユニット220は、素子チップ200、接続部210、支持部材S U Pを含む。なお、本実施形態のヘッドユニット220は図15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。

【0106】

素子チップ200は、図6で説明した超音波装置に対応する。素子チップ200は、超音波素子アレイU A R、信号端子（広義には第1のチップ端子群）X 1～X 12、信号端子（広義には第2のチップ端子群）X 1'～X 12'及びコモン端子C O M 1、C O M 2、C O M 1'、C O M 2'を含む。信号端子X 1～X 12は、図6の端子T a 1～T a 1

50

2 (例えば $N = 12$) に対応し、信号端子 $X_{11} \sim X_{12}$ は、図 6 の $T_{b1} \sim T_{b12}$ に対応する。コモン端子 COM_1 、 COM_2 、 COM_1' 、 COM_2' は、図 6 の端子 CT_{a1} 、 CT_{a2} 、 CT_{b1} 、 CT_{b2} に対応する。素子チップ 200 は、接続部 210 を介してプローブ本体が有する処理装置 (例えば図 18 の処理装置 330) と電気的に接続される。

【0107】

接続部 210 は、プローブ本体とヘッドユニット 220 とを電気的に接続するものであって、複数の接続端子を有するコネクタ-CNと、コネクタ-CNと素子チップ 200 とを接続する配線が形成されるフレキシブル基板FPとを有する。具体的には、接続部 210 は、コネクタとして第 1 のコネクタ-CN1 及び第 2 のコネクタ-CN2 を有し、フレキシブル基板として第 1 のフレキシブル基板FP1 及び第 2 のフレキシブル基板FP2 を有する。

10

【0108】

第 1 のフレキシブル基板FP1 には、素子チップ 200 の第 1 の辺側に設けられる第 1 のチップ端子群 $X_1 \sim X_{12}$ と第 1 のコネクタ-CN1 とを接続する第 1 の配線群が形成される。また、第 2 のフレキシブル基板FP2 には、素子チップ 200 の第 1 の辺に対向する第 2 の辺側に設けられる第 2 のチップ端子群 $X_{1'} \sim X_{12'}$ と第 2 のコネクタ-CN2 とを接続する第 2 の配線群が形成される。

【0109】

コネクタ-CN1 は、フレキシブル基板FP1 に形成された第 1 の配線群を介して、第 1 のチップ端子群 $X_1 \sim X_{12}$ の信号が入力又は出力される複数の接続端子と、を有する。コネクタ-CN2 は、フレキシブル基板FP2 に形成された第 2 の配線群を介して、第 2 のチップ端子群 $X_{1'} \sim X_{12'}$ の信号が入力又は出力される複数の接続端子を有する。

20

【0110】

接続部 210 は、図 15 に示す構成に限定されるものではない。接続部 210 は、素子チップ 200 の第 1 の辺側に設けられる第 1 のチップ端子群の信号が入力又は出力される第 1 の接続端子群と、素子チップ 200 の第 1 の辺に対向する第 2 の辺側に設けられる第 2 のチップ端子群の信号が入力又は出力される第 2 の接続端子群とを有してもよい。

【0111】

接続部 210 を設けることで、プローブ本体とヘッドユニット 220 とを電気的に接続することができ、さらにヘッドユニット 220 をプローブ本体に脱着可能にすることができる。

30

【0112】

支持部材SUP は、素子チップ 200 を支持する部材であって、後述するように、支持部材SUP の第 1 の面側に複数の接続端子が設けられ、支持部材SUP の第 1 の面の裏面である第 2 の面側に素子チップ 200 が支持される。なお、素子チップ 200、接続部 210 及び支持部材SUP の具体的な構造については後述する。

【0113】

図 16 (A) ~ 図 16 (C) に、ヘッドユニット 220 の詳細な構成例を示す。図 16 (A) は支持部材SUP の第 2 の面SF2 側を示し、図 16 (B) は支持部材SUP の第 1 の面SF1 側を示し、図 16 (C) は支持部材SUP 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 16 (A) ~ 図 16 (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。

40

【0114】

支持部材SUP の第 1 の面SF1 側には、コネクタ-CN1、CN2 (広義には複数の接続端子) が設けられる。コネクタ-CN1、CN2 には、フレキシブル基板FP1、FP2 の一端がそれぞれ接続される。フレキシブル基板FP1、FP2 には、例えばプリアンプPA1、PA2 などの回路を設けることができる。コネクタ-CN1、CN2 は、プ

50

プローブ本体側の対応するコネクタに脱着可能である。

【0115】

支持部材SUP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FP1、FP2の他端が接続される。固定用部材HLは、支持部材SUP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。

【0116】

ここで支持部材SUPの第1の面側とは、支持部材SUPの第1の面SF1の法線方向側であり、支持部材SUPの第2の面側とは、支持部材SUP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。

10

【0117】

図16(C)に示すように、素子チップ200の裏面(図14(B)において開口部OPが設けられる面)には、素子チップ200を保護する保護部材(保護膜)PFが設けられる。

【0118】

7. 超音波プローブ

図17(A)、図17(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17(A)はプローブヘッド310がプローブ本体320に装着された場合を示し、図17(B)はプローブヘッド310がプローブ本体320から分離された場合を示す。

20

【0119】

プローブヘッド310は、ヘッドユニット220、被検体と接触する接触部材230及びヘッドユニット220を格納するプローブ筐体240を含む。素子チップ200は、接触部材230と支持部材SUPとの間に設けられる。

【0120】

プローブ本体320は、処理装置330及びプローブ本体側コネクタCNbを含む。処理装置330は、送信部TX、アナログフロントエンド部AFE及び制御部CTLを含む。送信部TXは、制御部CTLの制御に基づいて、超音波トランスデューサー素子を駆動する駆動信号の送信処理を行い、アナログフロントエンド部AFEは、超音波トランスデューサー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。

30

【0121】

制御部CTLは、送信部TX及びアナログフロントエンド部AFEの制御を行う。プローブ本体側コネクタCNbは、ヘッドユニット(又はプローブヘッド)側コネクタCNaと接続される。プローブ本体320は、ケーブルCBにより電子機器(例えば超音波診断装置)本体に接続される。

【0122】

ヘッドユニット220は、プローブ筐体240に格納されているが、ヘッドユニット220をプローブ筐体240から取り外すことができる。こうすることで、ヘッドユニット220だけを交換することができる。或いは、プローブ筐体240に格納された状態で、即ちプローブヘッド310として交換することもできる。

40

【0123】

8. 超音波診断装置

図18に、超音波診断装置の構成例を示す。超音波診断装置は、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。

【0124】

処理装置330は、選択部MUX、スイッチ部T/R__SW、送信部HV__P、送受信制御部CNTL、受信部AFE(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(超音波装置)と、素子チップ200を回路基板に接続

50

する接続部 210 (コネクタ部)を含む。回路基板には、M U X、H V __ P、C N T L、T / R __ S W、A F E が実装されている。

【0125】

超音波を送信する場合には、C N T L が H V __ P に対して送信指示を行い、H V __ P 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し、M U X がその駆動信号を素子チップ 200 に対して出力する。このとき T / R __ S W はオフになっている。超音波の反射波を受信する場合には、T / R __ S W はオンになっており、M U X は、素子チップ 200 により検出された反射波の信号を T / R __ S W に対して出力し、T / R __ S W は、その反射波の信号を A F E に対して出力する。このとき M U X は、H V __ P からの駆動電圧を素子チップ 200 に対して送信しない状態となっている。A F E は、C N T L 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。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。

10

【0126】

なお、本実施形態の超音波装置は、上記のような医療用の超音波診断装置に限らず、種々の電子機器に適用可能である。例えば、超音波装置が適用された電子機器として、建築物等の内部を非破壊検査する診断装置や、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。

【0127】

なお、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、より広義又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。また超音波装置、超音波プローブ、超音波診断装置、電子機器等の構成、動作も本実施形態で説明したものに限定に限定されず、種々の変形実施が可能である。

20

【符号の説明】

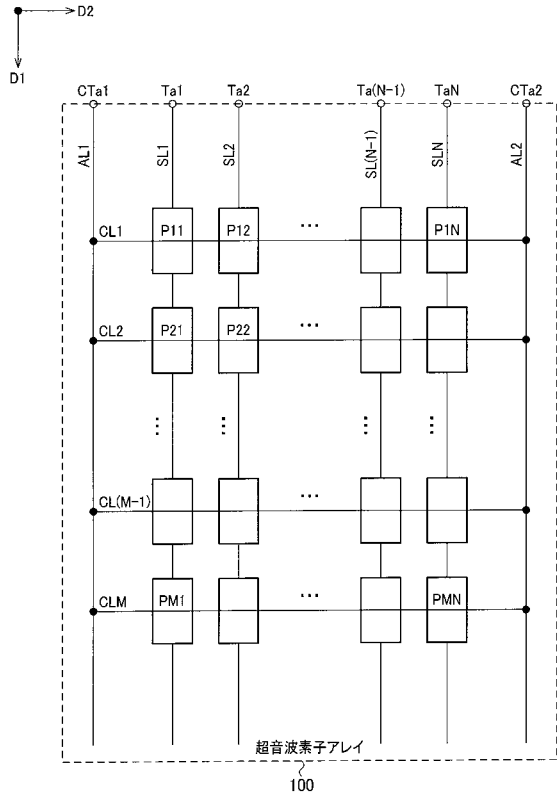
【0128】

20 駆動信号制御回路、30 駆動信号発生回路、50 駆動電圧出力回路、
100 超音波素子アレイ、200 素子チップ、210 接続部、
220 ヘッドユニット、230 接触部材、240 プローブ筐体、
300 超音波プローブ、310 プローブヘッド、320 プローブ本体、
330 処理装置、410 制御部、420 処理部、430 U I 部、
440 表示部、
A F E 受信部、A L 1 , A L 2 共通コモン電極線、A M 1 アンプ回路、
C L 1 ~ C L M コモン電極線、C N T L 送受信制御部、
C T a 1 , C T b 1 , C T a 2 , C T b 2 コモン端子、
D 1 第1の方向、D 2 第2の方向、D A 1 ~ D A N 駆動アンプ回路、
H V __ P 送信部、M U X 選択部、P 1 1 ~ P M N 薄膜ピエゾ素子、
R a 1 , R b 2 可変抵抗、S L 1 ~ S L N 駆動電極線、
T / R __ S W スイッチ部、T a 1 ~ T a N 駆動端子、
V a 1 ~ V a N , V b 1 ~ V b N 駆動電圧

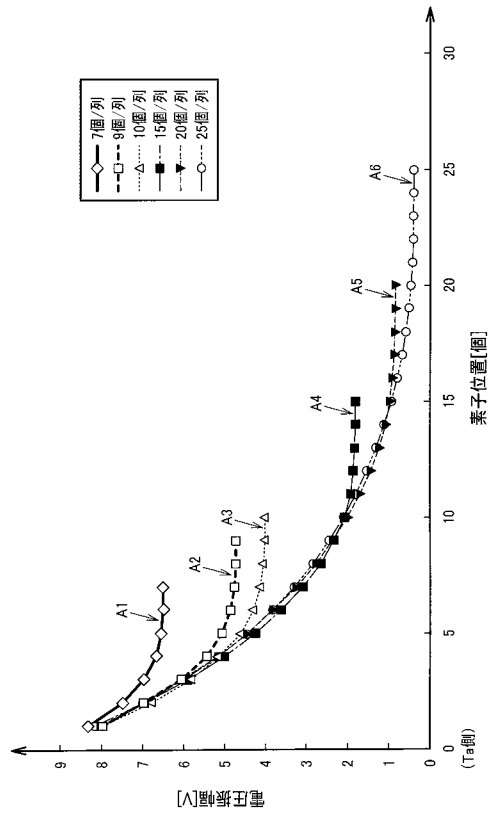
30

40

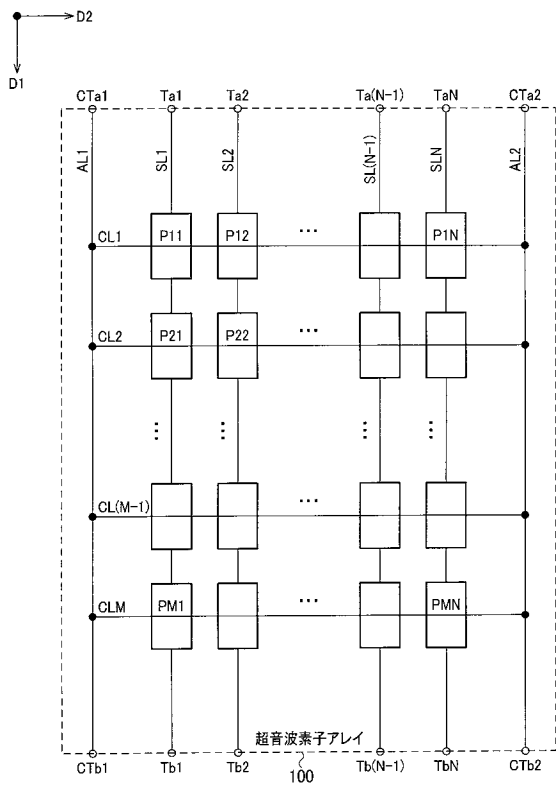
【図1】



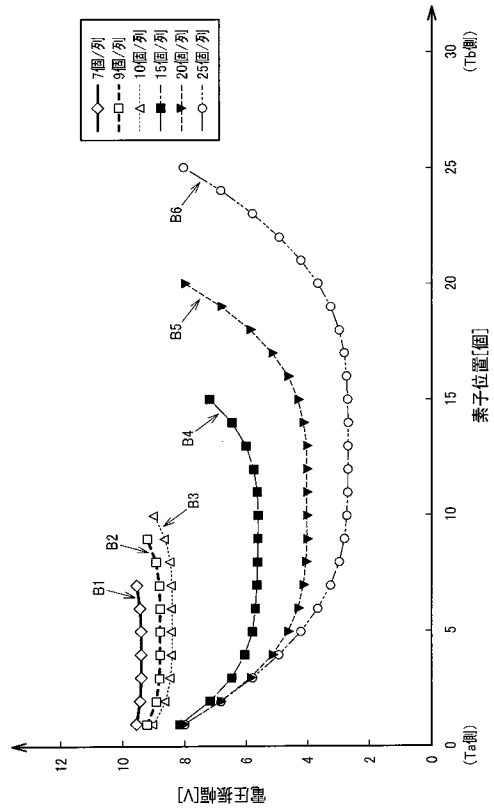
【図2】



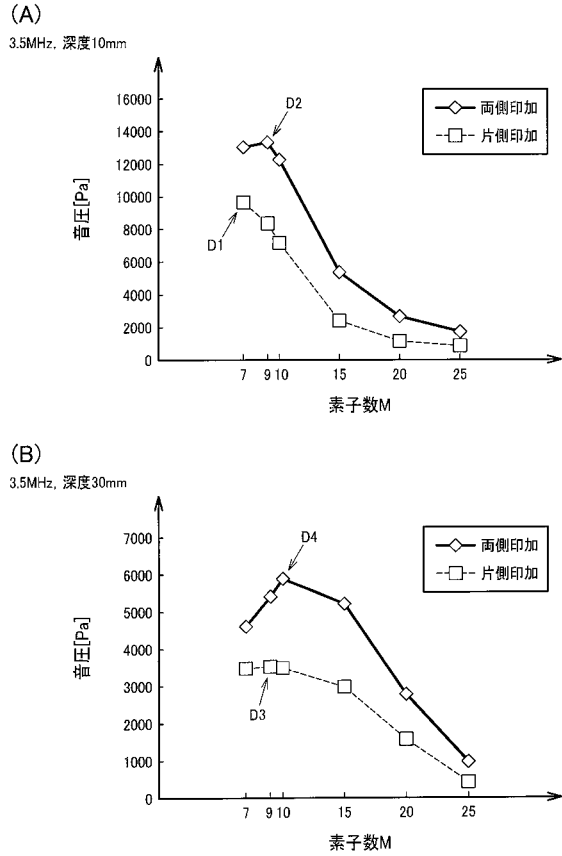
【図6】



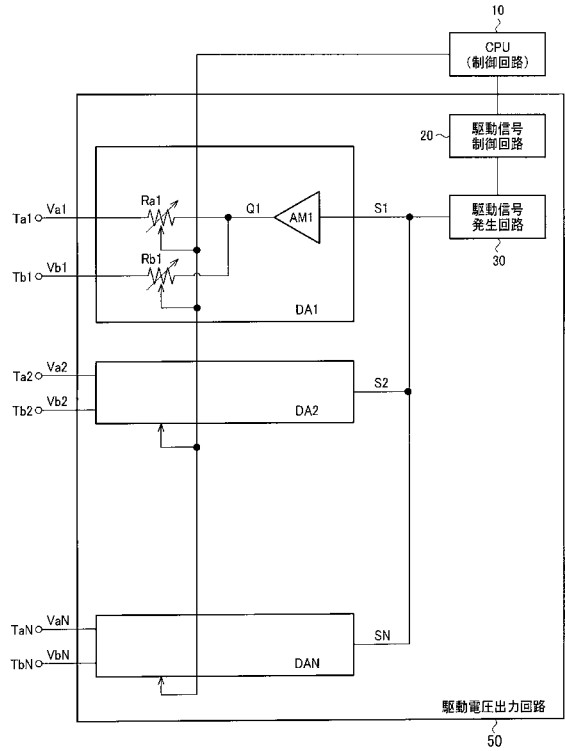
【図7】



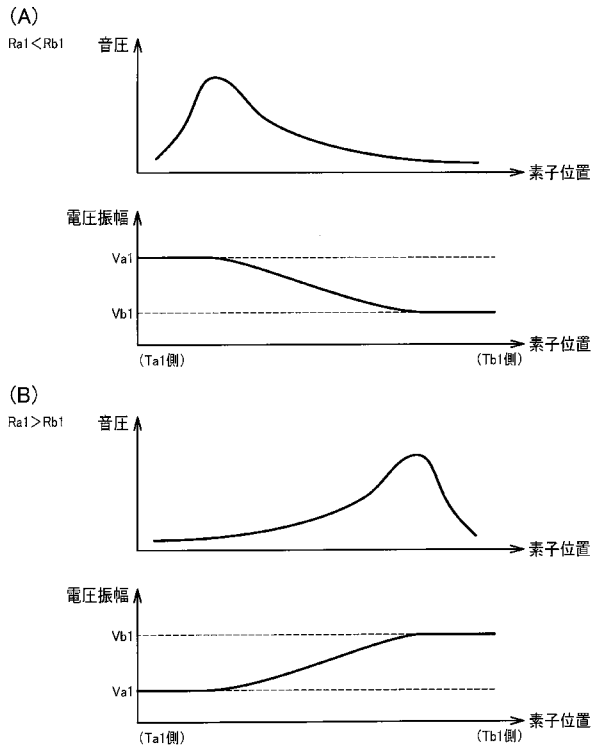
【図 1 1】



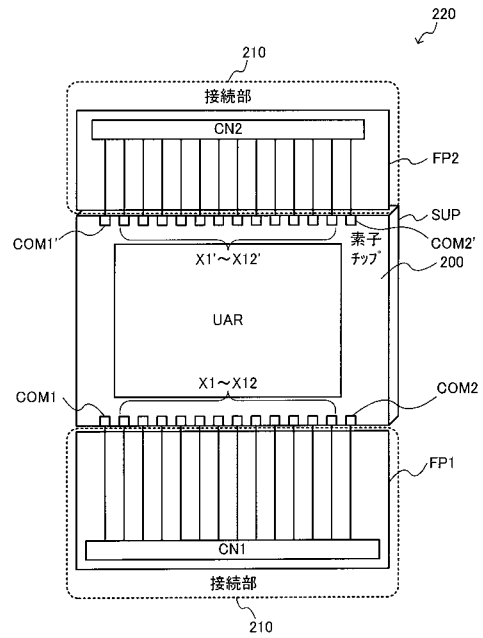
【図 1 2】



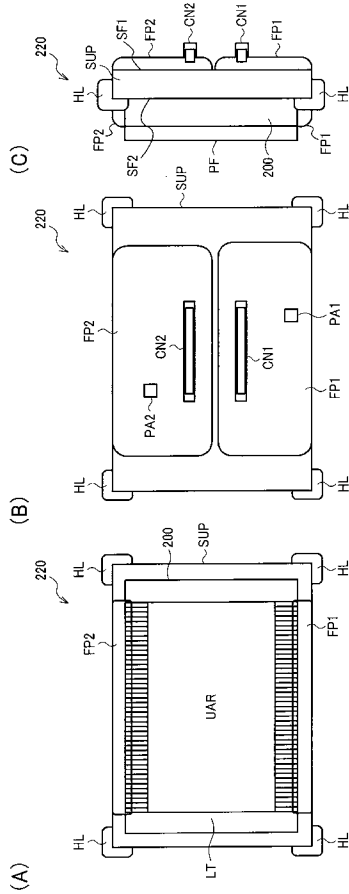
【図 1 3】



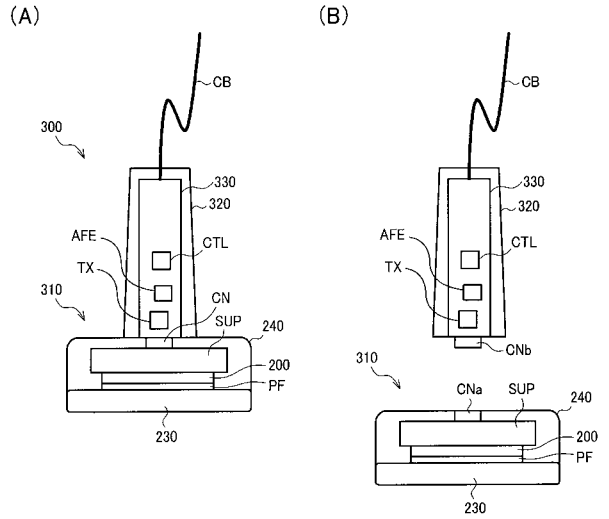
【図 1 5】



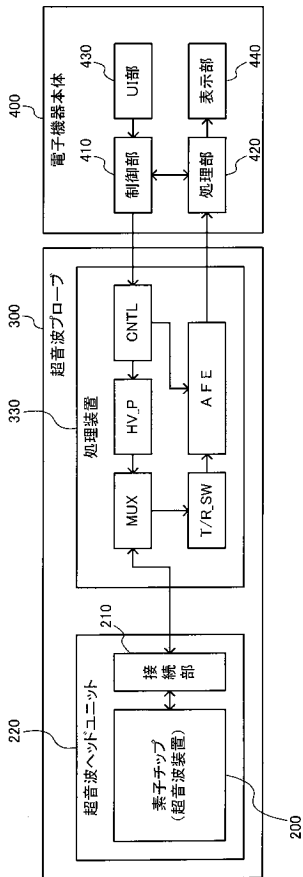
【図16】



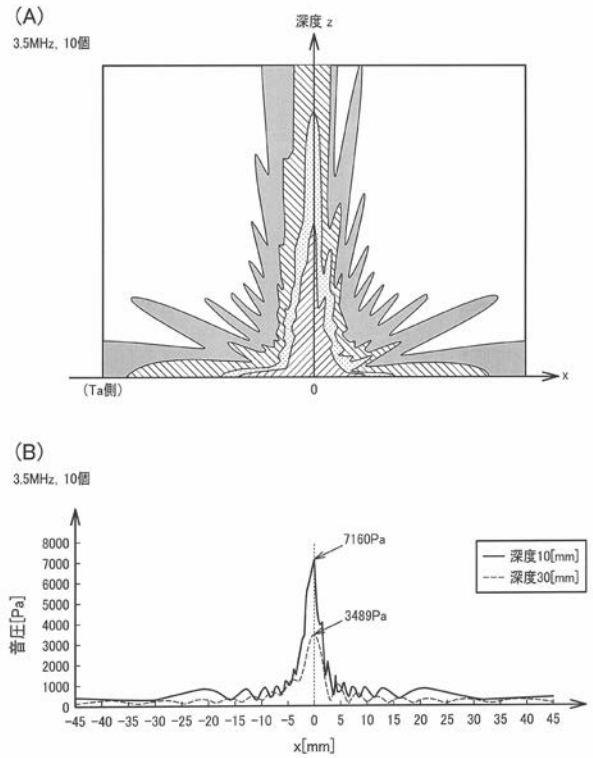
【図17】



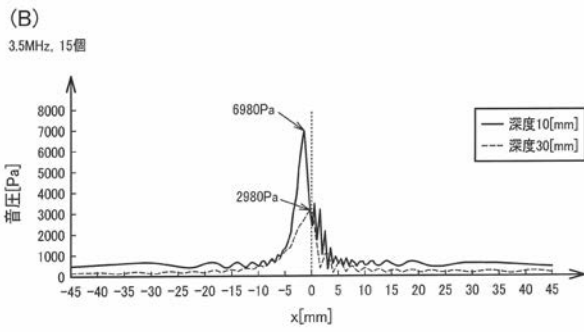
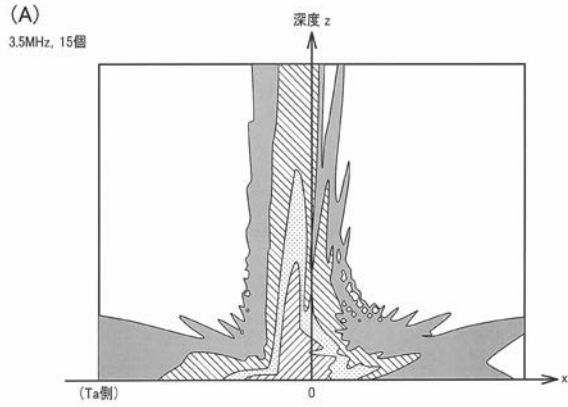
【図18】



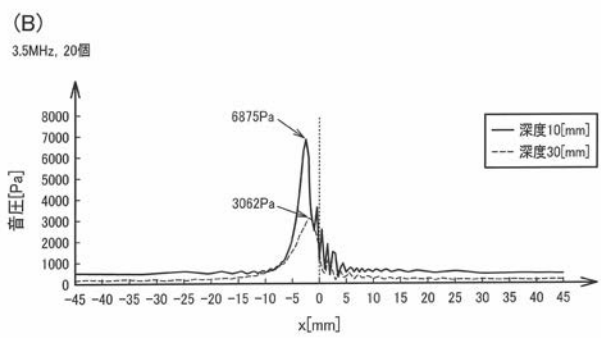
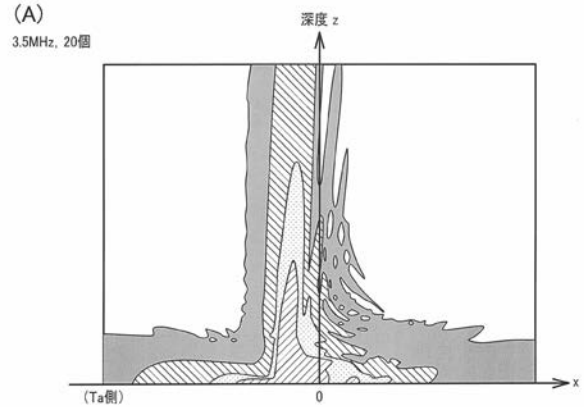
【図3】



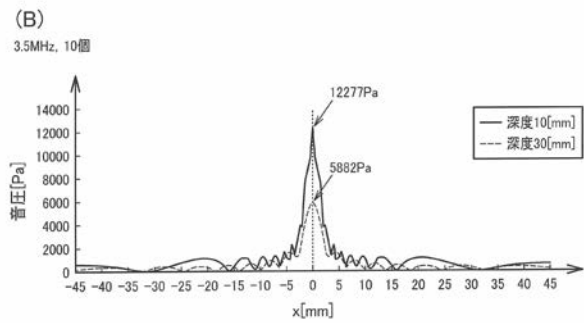
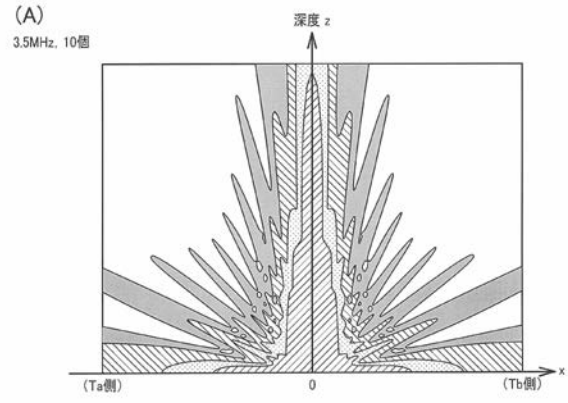
【 図 4 】



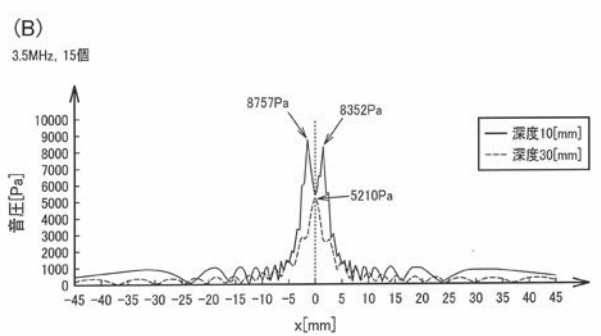
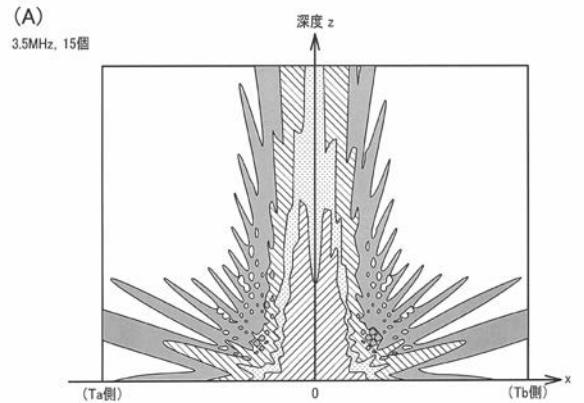
【 図 5 】



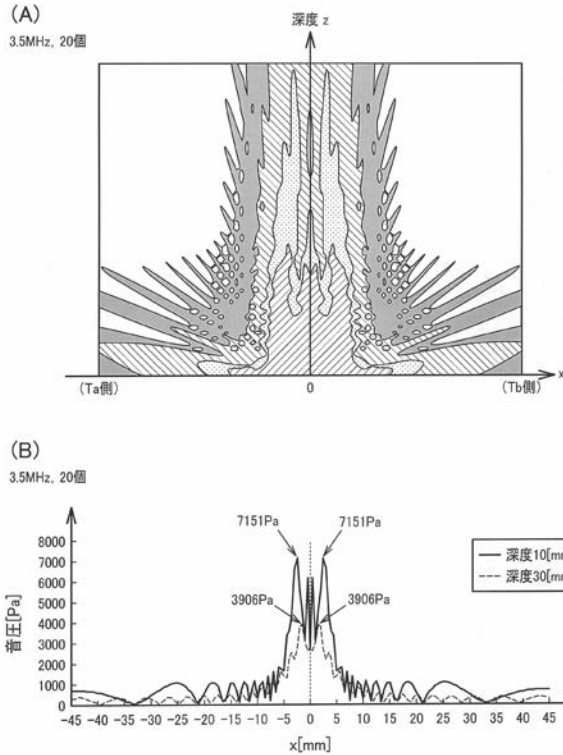
【 図 8 】



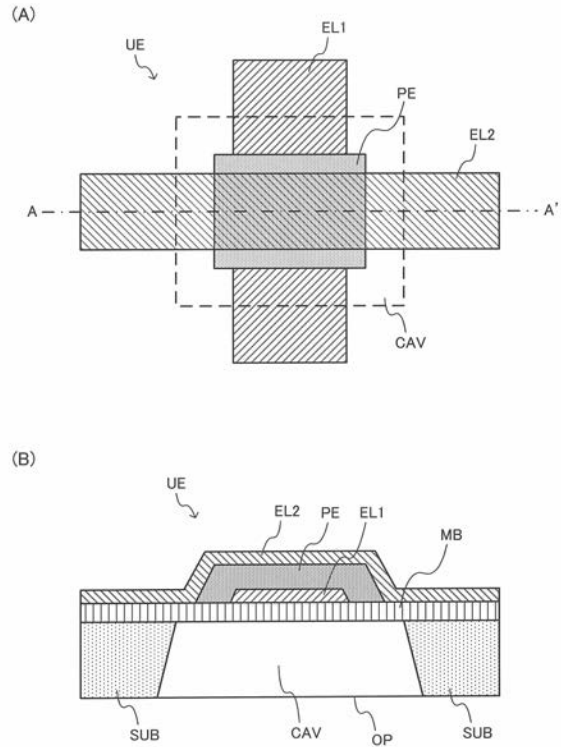
【 図 9 】



【図10】



【図14】



【手続補正書】

【提出日】平成28年8月24日(2016.8.24)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の圧電素子が配置された圧電素子列と、
複数の前記圧電素子と電氣的に接続する駆動電極線と、
前記駆動電極線と電氣的に接続する第1の端子及び第2の端子と、
前記第1の端子及び前記第2の端子と電氣的に接続し、振幅を有する電圧を印加する駆動信号出力回路と、

を含み、

前記圧電素子列は、

前記第1の端子及び前記第2の端子の間に設けられていることを特徴とする超音波装置

。

【請求項2】

請求項1において、

複数の前記圧電素子は、

前記圧電素子列の中央に対して対称に設けられていることを特徴とする超音波装置。

【請求項3】

複数の超音波素子が配置された超音波素子列と、

複数の前記超音波素子と電氣的に接続する駆動電極線と、

前記駆動電極線と電氣的に接続する第 1 の端子及び第 2 の端子と、
前記第 1 の端子及び前記第 2 の端子と電氣的に接続し、振幅を有する電圧を印加する駆
動信号出力回路と、
を含み、
前記超音波素子列は、
前記第 1 の端子及び前記第 2 の端子の間に設けられ、
複数の前記超音波素子は、
前記超音波素子列の中央に対して対称に設けられていることを特徴とする超音波装置。

【請求項 4】

請求項 3 において、
前記超音波素子は、圧電素子であり、
前記超音波素子列は、圧電素子列であることを特徴とする超音波装置。

【請求項 5】

請求項 1、2 及び 4 のいずれかにおいて、
前記圧電素子は、
撓むことが可能なメンブレンと、
前記メンブレンに設けられた圧電層と、
を備えることを特徴とする超音波装置。

【請求項 6】

請求項 1、2、4 及び 5 のいずれかにおいて、
複数の前記圧電素子と電氣的に接続され、直流電圧が印加されるコモン電極線を含み、
前記圧電素子は、
前記駆動電極線、圧電層、前記コモン電極線の順に積層されていることを特徴とする超
音波装置。

【請求項 7】

請求項 1 乃至 6 のいずれかにおいて、
前記駆動信号出力回路は、
前記第 1 の端子及び前記第 2 の端子のそれぞれに同一振幅且つ同一位相の交流電圧を印
加することを特徴とする超音波装置。

【請求項 8】

請求項 1、2、4、5、6 及び 7 のいずれかにおいて、
前記圧電素子列において、複数の前記圧電素子は第 1 の方向に沿って配列され、
複数の前記圧電素子列が、前記第 1 の方向と交わる第 2 の方向に沿って配列されている
ことを特徴とする超音波装置。

【請求項 9】

請求項 8 において、
前記第 2 の方向に沿って配線される複数のコモン電極線を含むことを特徴とする超音波
装置。

【請求項 10】

請求項 9 において、
前記複数のコモン電極線に共通接続され、前記第 1 の方向に沿って配線される共通コモ
ン電極線を含むことを特徴とする超音波装置。

【請求項 11】

請求項 10 において、
前記共通コモン電極線の両端に設けられ、複数の前記圧電素子に対してコモン電圧を供
給するための端子を含むことを特徴とする超音波装置。

【請求項 12】

請求項 1 乃至 11 のいずれかに記載の超音波装置を含むことを特徴とするプローブ。

【請求項 13】

請求項 1 乃至 11 のいずれかに記載の超音波装置を含むことを特徴とする電子機器。

【請求項 1 4】

請求項 1 乃至 1 1 のいずれかに記載の超音波装置と、
表示部と、
を含むことを特徴とする診断装置。

专利名称(译)	超声波设备，探针，电子设备，诊断设备和处理设备		
公开(公告)号	JP2016208537A	公开(公告)日	2016-12-08
申请号	JP2016146966	申请日	2016-07-27
[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	加納一幸		
发明人	加納 一幸		
IPC分类号	H04R17/00 A61B8/14		
FI分类号	H04R17/00.330.H A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/EE03 4C601/EE09 4C601/GB06 4C601/GB19 4C601/GB20 4C601/GB22 5D019/AA21 5D019/BB19 5D019/BB28 5D019/FF04		
代理人(译)	井上 一 黑田靖		
其他公开文献	JP6187646B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供能够抑制超声波的辐射声压分布的偏差的超声波设备，探头，电子设备，诊断设备，处理设备。解决方案：超声波设备包括：一组超声波元件P11至PMN，其中沿第一方向D1设置的多个超声波元件的N个阵列沿第二方向D2设置；第一至第N驱动电极线SL1至SLN沿第一方向D1布线；第一终端Ta1和第二个终端Tbi。第i个驱动电极线SLi连接到超声波元件P1i到PMi，超声波元件P1i到PMi包括第i个超声波元件阵列。第一端子Tai连接到第i驱动电极线SLi的一端。第二端子Tbi连接到第i驱动电极线SLi的另一端。图6：图6

