

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第5978648号
(P5978648)

(45) 発行日 平成28年8月24日(2016. 8. 24)

(24) 登録日 平成28年8月5日(2016. 8. 5)

(51) Int.Cl.

F I

A 6 1 B 8/00 (2006.01)

A 6 1 B 8/00

G O 1 N 29/24 (2006.01)

G O 1 N 29/24

請求項の数 14 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2012-38360 (P2012-38360)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成24年2月24日 (2012. 2. 24)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2013-172799 (P2013-172799A)		東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(43) 公開日	平成25年9月5日 (2013. 9. 5)	(74) 代理人	100104710
審査請求日	平成27年2月23日 (2015. 2. 23)		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
		審査官	宮川 哲伸
			最終頁に続く

(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) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

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の駆動電極線他端には、前記第2の端子が接続され、

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はa以下であることを特徴とする超音波装置。

【請求項2】

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、

10

20

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 の駆動電極線他端には、前記第 2 の端子が接続され、

前記第 1 の端子と前記第 2 の端子に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は b 以下であることを特徴とする超音波装置。

10

【請求項 3】

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、

20

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、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。

30

【請求項 4】

請求項 3 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。

40

【請求項 5】

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 の駆動電極線他端には、前記第 2 の端子が接続され、

50

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以上であることを特徴とする超音波装置

。

【請求項 6】

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 の駆動電極線他端には、前記第 2 の端子が接続され、

前記第 1 の端子と前記第 2 の端子に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、シングルピークを有す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 8】

請求項 1 乃至 7 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 9】

請求項 8 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 10】

請求項 9 において、

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、含むことを特徴とする超音波装置。

【請求項 11】

請求項 1 乃至 10 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 12】

請求項 1 乃至 10 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 13】

請求項 1 乃至 10 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 14】

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、

10

20

30

40

50

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、

10

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処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【 0 0 0 1 】

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。

【背景技術】

【 0 0 0 2 】

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、一般的にはピエゾ素子が用いられている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 3 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 7 - 1 4 2 5 5 5 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 4 】

さて、超音波素子として薄膜ピエゾ素子を用いる場合を考える。ピエゾ素子が 1 列に配置され、そのピエゾ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たとする。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ピエゾ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ピエゾ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、ピエゾ素子と配線により R C 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

【 0 0 0 5 】

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】

40

【 0 0 0 6 】

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 の駆動電極線他端には、前記第 2 の端子が接続される超音波装置に関係する。

【 0 0 0 7 】

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

50

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】

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

10

20

30

40

50

(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。

【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。

【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係する。

【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係する。

【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係する。

【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係する。

【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係する。

【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

10

20

30

40

50

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係る。

【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 $Ta1 \sim TaN$ (N は 2 以上の自然数) と、駆動端子 $Ta1 \sim TaN$ に接続される駆動電極線 $SL1 \sim SLN$ と、薄膜ピエゾ素子 $P11 \sim PMN$ (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 $Cta1$ 、 $Cta2$ と、コモン端子 $Cta1$ 、 $Cta2$ に接続される共通コモン電極線 $AL1$ 、 $AL2$ と、共通コモン電極線 $AL1$ 、 $AL2$ に接続されるコモン電極線 $CL1 \sim CLM$ を含む。

【0036】

10

20

30

40

50

なお、以下では説明を簡単にするため、薄膜ピエゾ素子 $P_{11} \sim P_{MN}$ のうち第 i 列の薄膜ピエゾ素子 $P_{1i} \sim P_{Mi}$ (i は N 以下の自然数) を例に説明する。

【0037】

薄膜ピエゾ素子 $P_{1i} \sim P_{Mi}$ の一方の電極には、駆動電極線 SL_i が接続され、駆動端子 T_{ai} 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 $CL_1 \sim CL_M$ が接続され、コモン端子 CT_{a1} 、 CT_{a2} 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_{ai} が接続された駆動電極線 SL_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_{ai} に近い薄膜ピエゾ素子 P_{1i} に印加される電圧振幅に対して、端子 T_{ai} 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 SL_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。

【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 SL_i の片側の電極 T_{ai} 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 $A_1 \sim A_6$ には、薄膜ピエゾ素子 $P_{1i} \sim P_{Mi}$ 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_{ai} 側から何個目の薄膜ピエゾ素子であるかを示す。

【0040】

$A_1 \sim A_6$ に示すように、駆動端子 T_{ai} 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_{ai} から離れるほど小さくなり、放射音圧分布が駆動端子 T_{ai} 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。

【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 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_{ai} 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。

【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_{ai} 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30

10

20

30

40

50

mmにおける音圧ピークは、図4(B)に示すように $M = 15$ 個では $x = -1.5$ mmに存在し、図5(B)に示すように $M = 20$ 個では $x = -2.5$ mmに存在する。深度10 mm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 $x = -1.5$ mmに存在する。

【0044】

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 が増えるほど小さ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。

10

【0045】

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)が薄膜ピエゾ素子(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、薄膜でないピエゾ素子等であってもよい。

20

【0046】

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ピエゾ素子 $P11 \sim PMN$ (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。

30

【0047】

超音波素子アレイ100には、複数の薄膜ピエゾ素子 $P11 \sim PMN$ が2次元に配列される。即ち、超音波素子群の各列には、 M 個の薄膜ピエゾ素子が第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 個の薄膜ピエゾ素子が、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。薄膜ピエゾ素子は、例えばシリコン基板の上に駆動電極線、薄膜ピエゾ素子、コモン電極線の順に積層されることにより形成され、薄膜ピエゾ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。

【0048】

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

【0049】

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

50

SL_i は、第 i 列の薄膜ピエゾ素子 $P_{1i} \sim P_{Mi}$ の駆動電極に接続される。

【0050】

コモン電極線 $CL_1 \sim CL_M$ は、第 2 の方向 D_2 に沿って配線され、対応する行の薄膜ピエゾ素子に接続される。具体的には、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 (j は 3 以上 M 以下の自然数) は、第 j 列の薄膜ピエゾ素子 $P_{j1} \sim P_{jN}$ のコモン電極に接続される。コモン電極線 $CL_1 \sim CL_M$ の一端は、共通コモン電極線 AL_1 に接続され、他端は、共通コモン電極線 AL_2 に接続される。コモン電極線 $CL_1 \sim CL_M$ には、コモン端子 CTa_1 、 CTa_2 、 CTb_1 、 CTb_2 を介してコモン電圧が供給される。コモン端子 CTa_1 、 CTa_2 、 CTb_1 、 CTb_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。

10

【0051】

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 12 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。

【0052】

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 SL_i の両側の端子 Ta_i 、 Tb_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 Ta_i 、 Tb_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 $B_1 \sim B_6$ には、薄膜ピエゾ素子 $P_{1i} \sim P_{Mi}$ 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 Ta_i 側から何個目の薄膜ピエゾ素子であるかを示す。

20

【0053】

$B_1 \sim B_6$ 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 Ta_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

【0054】

図 8 (A) ~ 図 10 (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 MHz 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 Ta_i 、 Tb_i に供給する駆動電圧は比較例と同一である。図 8 (A) ~ 図 10 (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 Ta_i 側である。図 8 (A)、図 9 (A)、図 10 (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

【0055】

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 10 (A)、図 10 (B) には、素

50

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。

【0056】

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 10 (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 mm における音圧ピークは、図 8 (B) に示すように $M = 10$ 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 10 mm 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。

10

【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 piezo 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。

【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。

20

【0059】

図 11 (A) には、駆動電圧の周波数が 3.5 MHz である場合の深度 10 mm 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。

30

【0060】

図 11 (B) には、駆動電圧の周波数が 3.5 MHz である場合の深度 30 mm 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。

【0061】

40

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。

【0062】

駆動信号制御回路 20 は、CPU 10 (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 $S1 \sim SN$ 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 $S1 \sim SN$ の振幅を制御する

50

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 に対して出力する。なお以下では駆動アンプ回路 DA1 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 DA2 ~ DAN についても同様である。

【0064】

駆動アンプ回路 DA1 は、アンプ回路 AM1、可変抵抗 Ra1、Rb1 を含む。アンプ回路 AM1 は、信号 S1 を増幅して電圧 Q1（又は電流）を出力する。可変抵抗 Ra1、Rb1 は、CPU10 からの制御に基づいて抵抗が可変に制御される。Ra1 の抵抗値が Rb1 の抵抗値よりも小さい値に設定された場合には、端子 Ta1 の電圧振幅は端子 Tb1 の電圧振幅よりも大きくなる。一方、Ra1 の抵抗値が Rb1 の抵抗値よりも大きい値に設定された場合には、端子 Ta1 の電圧振幅は端子 Tb1 の電圧振幅よりも小さくなる。Ra1 の抵抗値と Rb1 の抵抗値が同一値に設定された場合には、端子 Ta1 の電圧振幅と端子 Tb1 の電圧振幅が同一になる。

【0065】

図 13 (A)、図 13 (B) に、上記駆動電圧出力回路 50 を用いた場合の、素子列 P11 ~ PM1 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。

【0066】

図 13 (A) に示すように、可変抵抗を $Ra1 < Rb1$ に設定すると、電圧振幅は $Va1 > Vb1$ となり、端子 Ta1 側から端子 Tb1 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 Ta1 側へシフトする。一方、図 13 (B) に示すように、可変抵抗を $Ra1 > Rb1$ に設定すると、電圧振幅は $Va1 < Vb1$ となり、端子 Tb1 側から端子 Ta1 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 Tb1 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。

【0067】

また、可変抵抗 Ra1、Rb1 の抵抗値を大きくすれば、駆動電圧 Va1、Vb1 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 Ra1、Rb1 の抵抗値を小さくすれば、駆動電圧 Va1、Vb1 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 S1 ~ SN の調整だけでなく、可変抵抗 Ra1、Rb1 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。

【0068】

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 D1 に沿って複数の超音波素子 P1i ~ PMi が配置された超音波素子列が、第 1 の方向 D1 に交差する第 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 (N は 2 以上の自然数) と、第 1 の端子 Tai と、第 2 の端子 Tbi 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 P1i ~ PMi には、第 1 ~ 第 N の駆動電極線 SL1 ~ SLN のうちの第 i の駆動電極線 SLi (i は N 以下の自然数) 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、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。

【0069】

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 Tai、Tbi に供給される駆動信号は駆動電圧 Vai、Vbi 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

10

20

30

40

50

数)に限定されず、1列であってもよい。

【0070】

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P11～PMNに駆動信号を供給するための端子Tai、Tbiが、駆動電極線SLi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SLi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P1i～PMi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Tai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D1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D1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P1i～PMi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Tai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6980Paのピーク以外にも複数の小

10

20

30

40

50

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】

例えば本実施形態において深度 30 mm 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 7160 Pa 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 6980 Pa 、 6875 Pa の半
10
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 12277 Pa 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 30 mm 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、
20
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 30 mm 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
30
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 30 mm 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 8757 Pa 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 8352 Pa が、対称軸を中心に対称な位置 $x = \pm 1.5 \text{ mm}$ に存在する場合である。
40

【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
50

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D1）において超音波ビームのピーク位置を調整できる。

【0087】

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。

10

【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D2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。

20

【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D1に沿って配線される共通コモン電極線 AL_1 、 AL_2 を、含む。

30

【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】

40

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。

50

【 0 0 9 7 】

図 1 4 (A) は、基板 (シリコン基板) S U B に形成された超音波トランスデューサー素子 U E 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 4 (B) は、図 1 4 (A) の A - A ' に沿った断面を示す断面図である。

【 0 0 9 8 】

第 1 電極層 E L 1 は、メンブレン M B の上層に例えば金属薄膜で形成される。この第 1 電極層 (下部電極層) E L 1 は、図 1 4 (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。

【 0 0 9 9 】

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。

【 0 1 0 0 】

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 1 4 (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。

【 0 1 0 1 】

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。

【 0 1 0 2 】

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。

【 0 1 0 3 】

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。

【 0 1 0 4 】

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 1 0 ~ 3 0 V であり、周波数は例えば 1 ~ 1 0 M H z である。

【 0 1 0 5 】

6 . ヘッドユニット

図 1 5 に、図 6 の超音波装置が搭載されるヘッドユニット 2 2 0 の構成例を示す。図 1 5 に示すヘッドユニット 2 2 0 は、素子チップ 2 0 0、接続部 2 1 0、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 2 2 0 は図 1 5 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

10

20

30

40

50

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UAR、信号端子（広義には第1のチップ端子群）X1～X12、信号端子（広義には第2のチップ端子群）X1'～X12'及びコモン端子COM1、COM2、COM1'、COM2'を含む。信号端子X1～X12は、図6の端子Ta1～Ta12（例えばN=12）に対応し、信号端子X1'～X12'は、図6のTb1～Tb12に対応する。コモン端子COM1、COM2、COM1'、COM2'は、図6の端子CTa1、CTa2、CTb1、CTb2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）と電氣的に接

10

【0107】

接続部210は、プローブ本体とヘッドユニット220とを電氣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。

【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X1～X12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X1'～X12'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。

20

【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X1～X12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X1'～X12'の信号が入力又は出力される複数の接続端子を有する。

30

【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とを電氣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。

【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。

40

【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

50

の種々の変形実施が可能である。

【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。

10

【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。

【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。

20

【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。

【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。

30

【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。

【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。

40

【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。

【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、

50

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 を回路基板に接続する接続部 210（コネクター部）を含む。回路基板には、MUX、HV__P、CNTL、T/R__SW、AFE が実装されている。

【0125】

超音波を送信する場合には、CNTL が HV__P に対して送信指示を行い、HV__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、MUX 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__SW 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__SW はオンになっており、MUX は、素子チップ 200 により検出された反射波の信号を T/R__SW に対して出力し、T/R__SW は、その反射波の信号を AFE に対して出力する。このとき MUX は、HV__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。AFE は、CNTL 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。

【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】

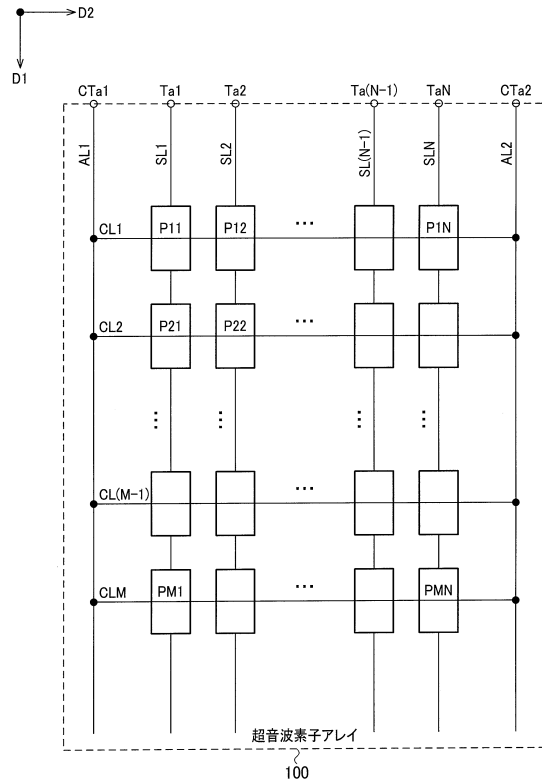
なお、上記のように本実施形態について詳細に説明したが、本発明の新規事項および効果から実体的に逸脱しない多くの変形が可能であることは当業者には容易に理解できるであろう。従って、このような変形例はすべて本発明の範囲に含まれるものとする。例えば、明細書又は図面において、少なくとも一度、より広義又は同義な異なる用語と共に記載された用語は、明細書又は図面のいかなる箇所においても、その異なる用語に置き換えることができる。また超音波装置、超音波プローブ、超音波診断装置、電子機器等の構成、動作も本実施形態で説明したものに限定に限定されず、種々の変形実施が可能である。

【符号の説明】

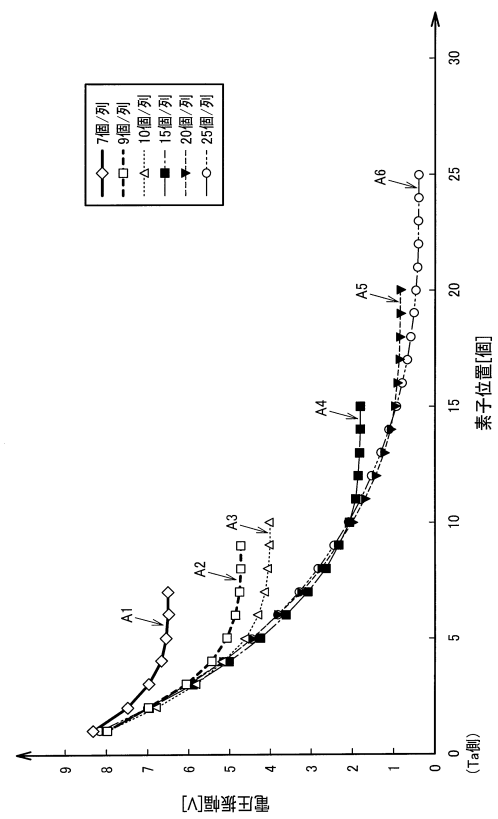
【0128】

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 UI 部、
440 表示部、
AFE 受信部、AL1, AL2 共通コモン電極線、AM1 アンプ回路、
CL1~CLM コモン電極線、CNTL 送受信制御部、
CTa1, CTb1, CTa2, CTb2 コモン端子、
D1 第1の方向、D2 第2の方向、DA1~DAN 駆動アンプ回路、
HV__P 送信部、MUX 選択部、P11~PMN 薄膜ピエゾ素子、
Ra1, Rb2 可変抵抗、SL1~SLN 駆動電極線、
T/R__SW スイッチ部、Ta1~TaN 駆動端子、
Va1~VaN, Vb1~VbN 駆動電圧

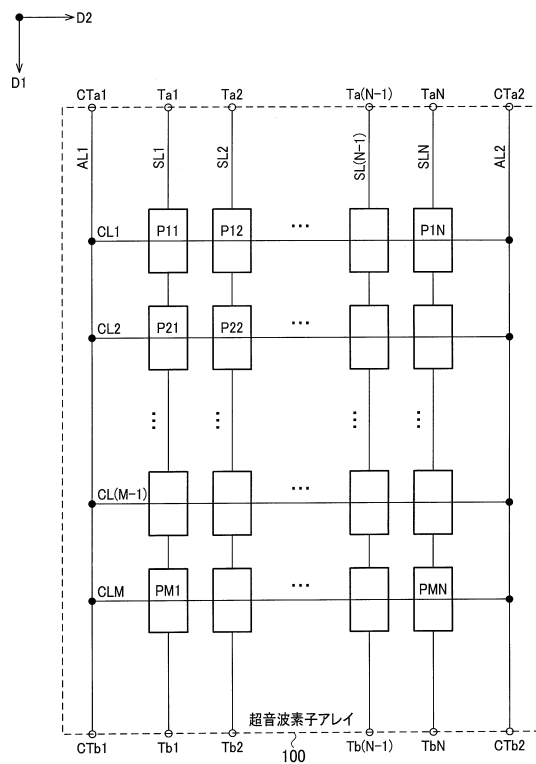
【図 1】



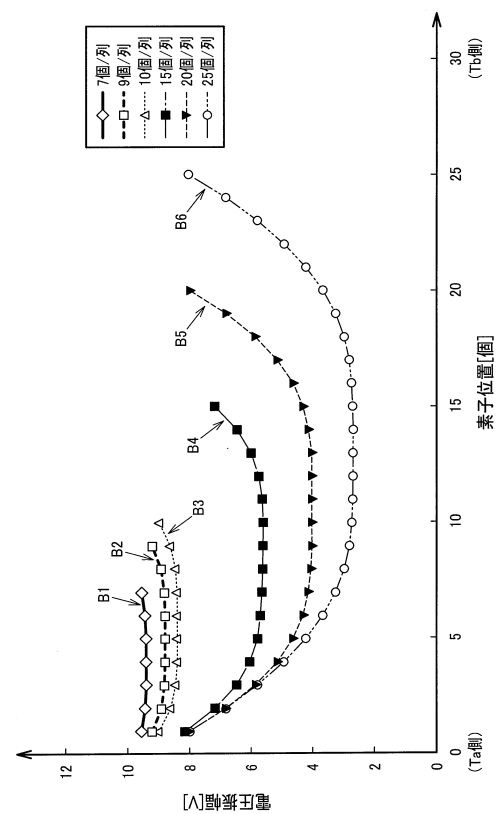
【図 2】



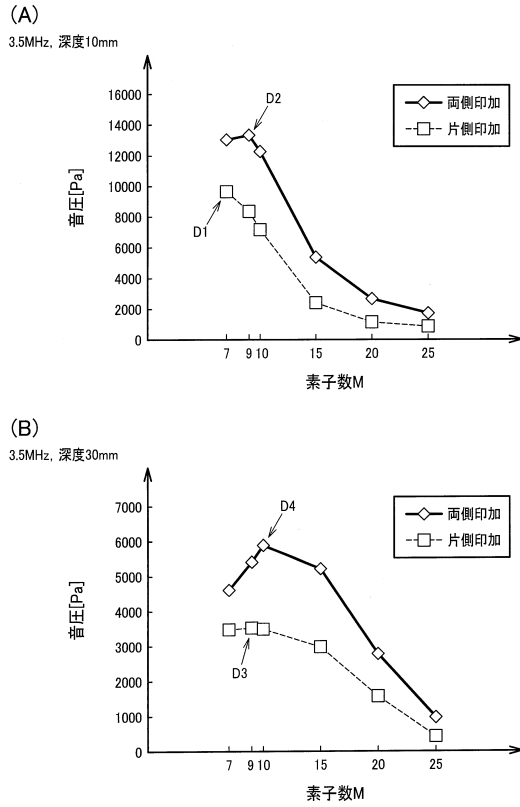
【図 6】



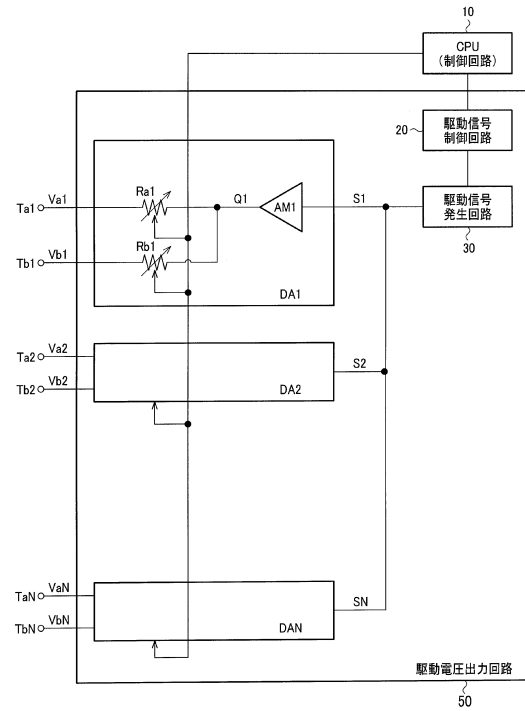
【図 7】



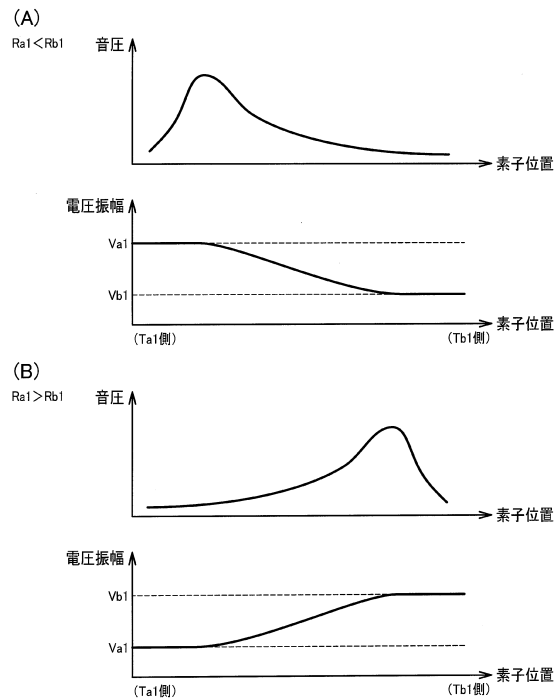
【図 1 1】



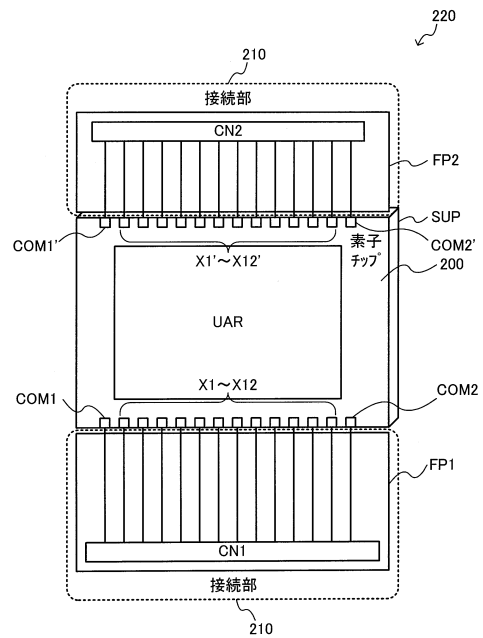
【図 1 2】



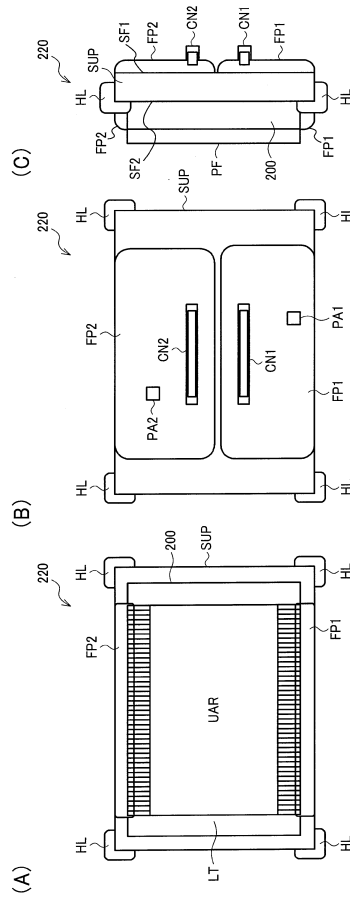
【図 1 3】



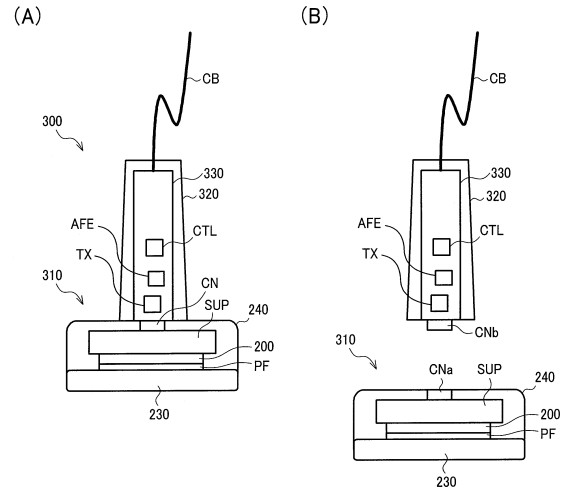
【図 1 5】



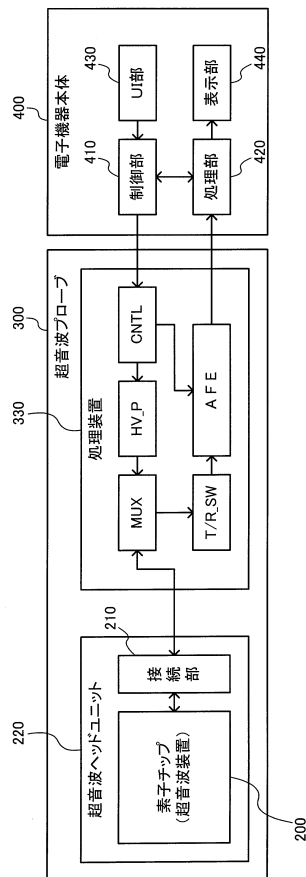
【図16】



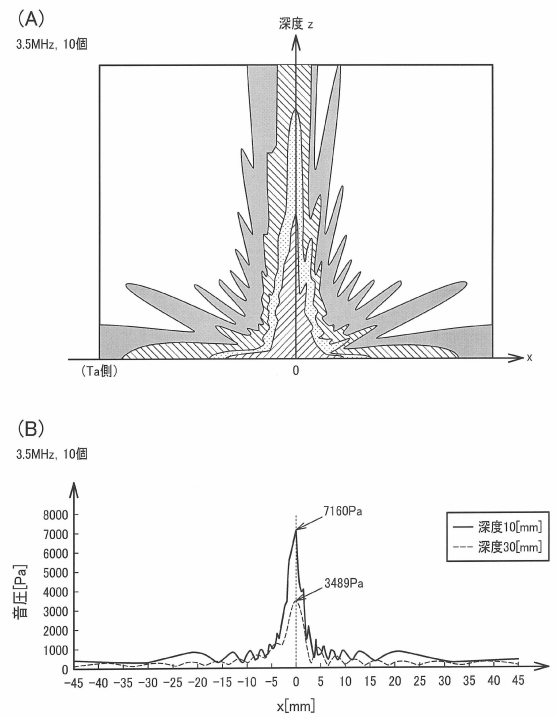
【図17】



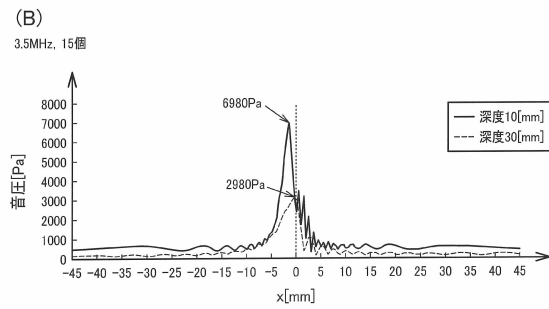
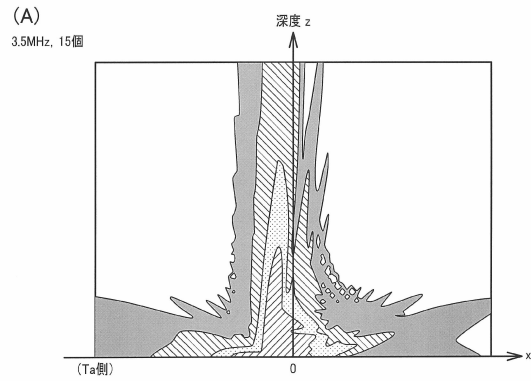
【図18】



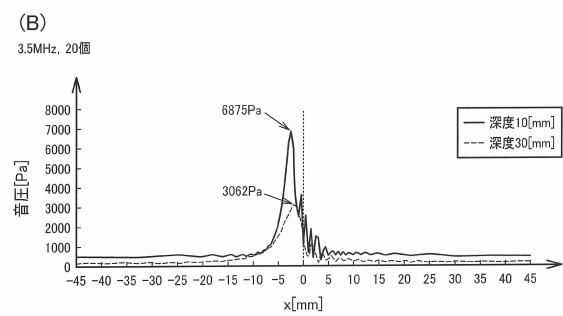
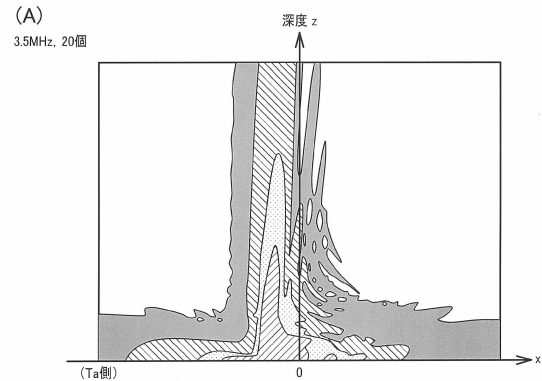
【図3】



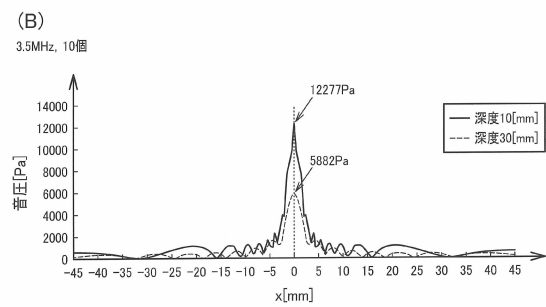
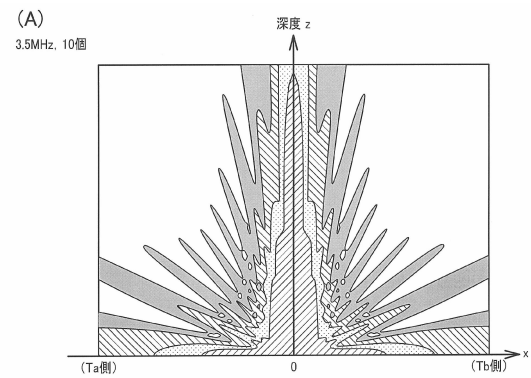
【図 4】



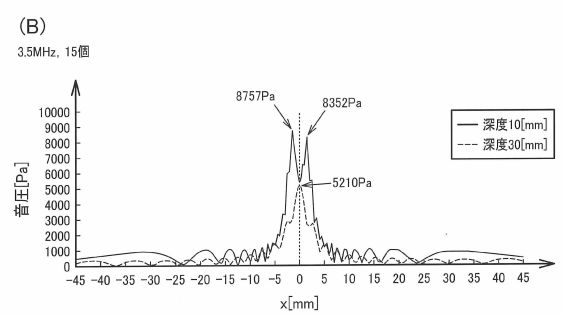
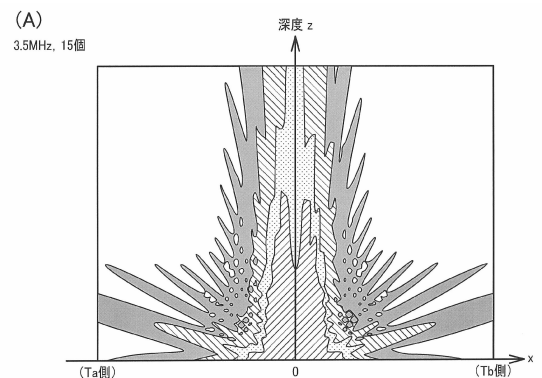
【図 5】



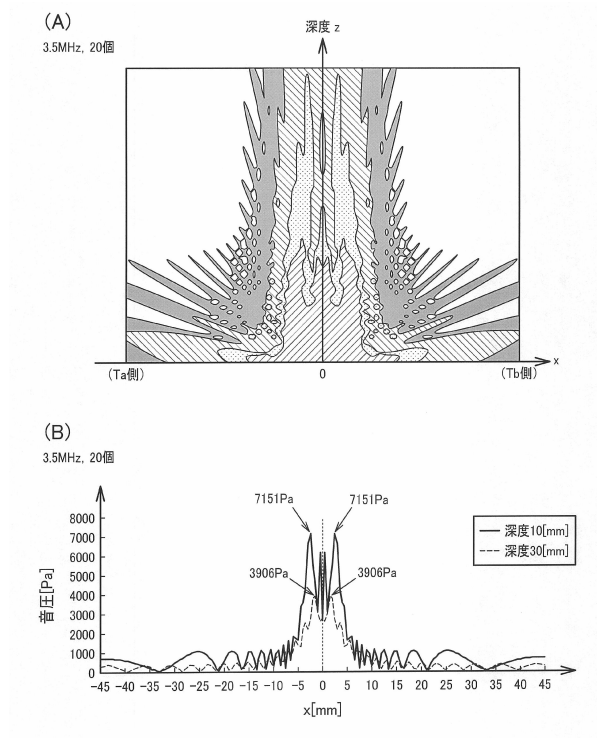
【図 8】



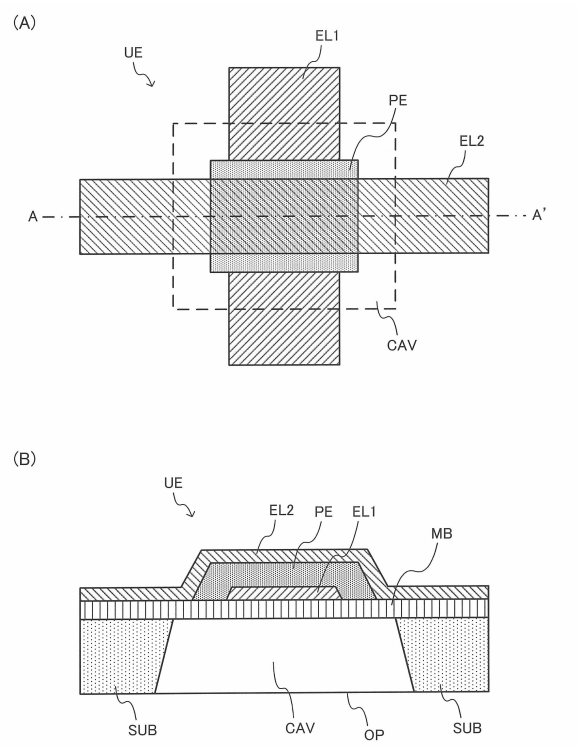
【図 9】



【図 10】



【図 14】



フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2009/008282(WO,A1)
特開2011-234073(JP,A)
特開平01-151900(JP,A)
国際公開第2005/032374(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

A61B 8/00 - 8/15
G01N 29/24

专利名称(译)	超声波装置，探头，电子装置，诊断装置和处理装置		
公开(公告)号	JP5978648B2	公开(公告)日	2016-08-24
申请号	JP2012038360	申请日	2012-02-24
[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		
当前申请(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	A61B8/00 G01N29/24		
CPC分类号	A61B8/4411 A61B8/4444 B06B1/0622 A61B8/4494 A61B8/461 B06B1/0607		
FI分类号	A61B8/00 G01N29/24 G01N29/24.502		
F-TERM分类号	2G047/AC13 2G047/BA03 2G047/CA01 2G047/EA07 2G047/GB02 2G047/GB17 2G047/GB21 4C601/EE04 4C601/GB06 4C601/GB20 4C601/HH02		
代理人(译)	井上 一 黑田靖		
其他公开文献	JP2013172799A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

超声波装置包括超声波元件组，第一至第N驱动电极线，第一和第二端子。超声波元件组包括形成“N”的多个超声波元件。沿着与第一方向交叉的第二方向布置的列与每个“N”相对应。这些柱包括沿第一方向排列的多个超声元件，“N”和“N”。是第二至第N驱动电极线沿第一方向排列的自然数是等于或大于2的自然数。第i个驱动电极线连接到构成“N”列中的第i列的超声波元件。列，带有“i”的列。是等于或小于“N”的自然数。第一端子连接到第i驱动电极线的一端，第二端子连接到第i驱动电极线的另一端。

