

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

第1方向に配列された複数の圧電体と、
前記複数の圧電体各々の背面側に設けられた第1電極と、
前記第1電極に対向して電気的に接続されるフレキシブルプリント基板上の第2電極と
を具備し、
前記第1方向に直交する第2方向において、前記第2電極の中央部分の面積は、前記第
2電極の端部分の面積より小さいこと、
を特徴とする超音波プローブ。

【請求項 2】

前記中央部分における前記第1方向の幅は、前記端部分における前記端部分の幅よりも
狭いこと、

を特徴とする請求項1に記載の超音波プローブ。

【請求項 3】

前記第2電極の前記第1方向の幅は、前記中央部分から前記端部分にかけて連続的に広
くこと、

を特徴とする請求項1に記載の超音波プローブ。

【請求項 4】

前記第2電極の前記第1方向の幅は、前記中央部分から前記端部分にかけて断続的に広
くこと、

を特徴とする請求項1に記載の超音波プローブ。

【請求項 5】

前記第2電極は、前記第2方向に沿って複数の部分に分割され、

前記複数の部分のうち前記中央部分における前記第2方向の幅は、前記端部分における
前記第2方向の幅よりも狭いこと、

を特徴とする請求項1に記載の超音波プローブ。

【請求項 6】

前記第2電極は網目構造を有し、

前記中央部分において、前記網目構造のうち空隙部分の数は、前記端部分より多いこと
、

を特徴とする請求項1に記載の超音波プローブ。

【請求項 7】

前記第2電極は網目構造を有し、

前記中央部分において、前記網目構造の目開きの広さは、前記端部分より広いこと、
を特徴とする請求項1に記載の超音波プローブ。

【請求項 8】

第1方向と前記第1方向に直交する第2方向とに配列された複数の圧電体と、
前記複数の圧電体各々の背面側に設けられた第1電極と、
前記第1電極に対向して電気的に接続されるフレキシブルプリント基板上の第2電極と
を具備し、

前記第2方向に配列された複数の圧電体のうち中央部分に関する前記第2電極の面積は
、端部分に関する前記第2電極の面積より小さいこと、
を特徴とする超音波プローブ。

【請求項 9】

前記中央部分に関する前記第2電極の前記第1方向の幅は、前記端部分に関する前記第
2電極の前記第1方向の幅よりも狭いこと、

を特徴とする請求項8に記載の超音波プローブ。

【請求項 10】

前記中央部分に関する前記2電極の前記第1方向の幅は、前記第2方向に沿って前記第
2電極の中央部分から端部部分にかけて連続的に広くこと、

10

20

30

40

50

を特徴とする請求項 8 に記載の超音波プローブ。

【請求項 11】

第 1 方向に配列された複数の圧電体と、

前記複数の圧電体各々の背面側に設けられた電極と、

前記第 1 電極に対向して前記第 1 電極とフレキシブルプリント基板上の電極と電気的に接続する導体とを具備し、

前記第 1 方向に直交する第 2 方向において、前記導体の中央部分の面積は、前記導体の端部分の面積より小さいこと、

を特徴とする超音波プローブ。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、超音波診断装置に使用される超音波プローブに関する。

【背景技術】

【0002】

被検体内を超音波で走査し、被検体内からの反射波から生成した受信信号に基づいて、被検体の内部状態を画像化する超音波診断装置がある。このような超音波診断装置は、超音波プローブを介して被検体内に超音波を送信する。超音波診断装置は、超音波プローブを介して、被検体内部で音響インピーダンスの不整合によって生じる反射波を受信する。超音波診断装置は、反射波の受信に基づいて、受信信号を生成する。

20

【0003】

超音波プローブは、送信信号（駆動信号）に基づいた圧電体の振動により、超音波を発生する。超音波プローブは、圧電体を介した反射波の受信により、受信信号を発生する。超音波プローブには、超音波の発生および受信信号の発生に関する複数の圧電体が、走査方向（アレイ方向、アジマス方向ともいう）に配列される。圧電体が 1 方向に配列された超音波プローブを 1 次元アレイプローブと呼ぶ。

【0004】

また、各々直交する 2 方向（アレイ方向とレンズ方向（エレベーション方向ともいう））に、複数の圧電体が配列された超音波プローブを、2 次元アレイプローブと呼ぶ。なお、1 次元アレイプローブにおいて、エレベーション方向に圧電体が少し分割された場合（例えば 3 分割）の超音波プローブを 1.5 次元アレイプローブと呼ぶ。

30

【0005】

1 次元アレイプローブにおいて、複数の圧電体各々（以下、圧電素子と呼ぶ）に矩形波形の駆動信号が印加された場合、レンズ方向の音場に関して、サイドロープの発生および音場の不均一が問題となることがある。サイドロープの低減、および音場の均一化に関する技術として、圧電素子から送信される超音波（以下、送信超音波と呼ぶ）の強度に重み付けをすることが知られている。

【0006】

送信超音波の強度の重み付けに関する技術は、例えば、レンズ方向に沿って圧電体に溝加工し、圧電体密度を変更することである。この技術により、レンズ方向の中央部から端部に向かって実効的な圧電体密度を徐々に疎にすることができる。これにより、レンズ方向端部の音圧を徐々に低くすることができる。このことから、超音波ビームのサイドロープを低減することができる。

40

【0007】

しかしながら、上記技術には、以下のようないわゆる問題がある。製造の困難性による歩留まりの悪化、および製造工程の増加などによる製造コストの上昇がある。加えて、圧電体に対して溝加工を実施するため、圧電体の品質、すなわち圧電体の信頼性の低下がある。さらに、圧電体の振動に寄与する面積（実効面積）が減少することにより圧電体の静電容量が低下し、圧電体の音響インピーダンスが増大する。音響インピーダンスの増大は、出力信号の低下を招き、感度が低下する。すなわち、上記技術には、製造コストの増大、圧電体

50

への信頼性の低下、感度の低下などの課題が多い。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2003-9288号公報

【特許文献2】特開平05-38335号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

目的は、レンズ方向の超音波ビームの均一性を向上しサイドロープを低減させた超音波プローブを簡単にかつ高い信頼性で提供することにある。 10

【課題を解決するための手段】

【0010】

本実施形態に係る超音波プローブは、第1方向に配列された複数の圧電体と、前記複数の圧電体各々の背面側に設けられた第1電極と、前記第1電極に対向して電気的に接続されるフレキシブルプリント基板上の第2電極とを具備し、前記第1方向に直交する第2方向において、前記第2電極の中央部分の面積は、前記第2電極の端部分の面積より小さいこと、を特徴とする。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】図1は、第1の実施形態に係る超音波プローブにおいて、レンズ方向に沿った断面の一例を示す断面図である。 20

【図2】図2は、第1の実施形態に係る超音波プローブにおいて、アレイ方向に沿った断面の一例を示す断面図である。

【図3】図3は、第1の実施形態に係り、超音波放射面側から見た圧電体背面の電極（圧電体背面電極）とFPC（フレキシブルプリント基板）電極とを、図1の断面図における振動子とFPCとともに示す図である。

【図4】図4は、第1の実施形態の第1の変形例に係り、超音波放射面側から見たFPC電極の一例を、圧電体背面電極とともに示す図である。

【図5】図5は、第1の実施形態の第2の変形例に係り、超音波放射面側から見たFPC電極の一例を示す図である。 30

【図6】図6は、第1の実施形態の第2の変形例に係り、レンズ方向に対する音圧分布に関する計算結果の一例を示す図である。

【図7】図7は、第1の実施形態の第2の変形例に係り、レンズ方向と深さ方向とにおける音場の強度分布に関する計算結果を等音圧線で示したビームプロファイルの一例を示す図である。

【図8】図8は、第1の実施形態の第3の変形例に係り、超音波放射面側から見たFPC電極の一例を示す図である。

【図9】図9は、第2の実施形態に係り、超音波放射面側から見た圧電体背面電極とFPC電極とを、エレベーション方向に沿った断面とともに示す図である。 40

【図10】図10は、第2の実施形態の変形例に係り、超音波放射面側から見たFPC電極の構造の一例を示す図である。

【図11】図11は、第2の実施形態の変形例に係り、送信超音波の周波数に対する送信超音波の音圧強度に関する計算結果の一例を示す図である。

【図12】図12は、第3の実施形態に係り、超音波放射面側から見た圧電体背面電極とFPC電極の分布のパターンとを示す図である。

【図13】図13は、第3の実施形態に係り、サブアレイ化された2次元アレイプローブにおいて、超音波放射面側から見た圧電体背面電極とFPC電極の分布のパターンとを示す図である。

【図14】図14は、第3の実施形態に係り、超音波放射面側から見た圧電体背面電極と

10

20

30

40

50

FPC電極の分布のパターンとを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、図面を参照しながら本実施形態に係わる超音波プローブを説明する。なお、以下の説明において、略同一の構成を有する構成要素については、同一符号を付し、重複説明は必要な場合にのみ行う。

【0013】

(第1の実施形態)

図1は、第1の実施形態の超音波プローブ1に係り、レンズ方向(エレベーション方向ともいう)に沿った断面の一例を示す断面図である。第1の実施形態に係る超音波プローブ1は、1次元アレイプローブである。レンズ方向とは、超音波プローブ1が1次元アレイプローブである場合、振動子16の長軸方向である。レンズ方向に直交し、かつ振動子16が配列される方向は、アレイ方向(アジマス方向ともいう)と呼ぶ。

【0014】

図2は、第1の実施形態に係る超音波プローブ1において、アレイ方向に沿った断面の一例を示す断面図である。超音波プローブ1は、音響レンズ10、第1の音響整合層12、第2の音響整合層14、振動子16、フレキシブルプリント基板(Flexible Printed Circuit:以下、FPCと呼ぶ)18、バックキング材(backing material)20を有する。

【0015】

音響レンズ10は、後述する圧電体161で発生された超音波を、レンズ方向に対して収束させる機能を有する。なお、音響レンズ10は、後述する圧電体161で発生された超音波をアレイ方向に収束させる機能を有していてもよい。

【0016】

第1の音響整合層12および第2の音響整合層14は、音響レンズ10の背面側に設けられる。第1の音響整合層12及び第2の音響整合層14における音速、厚さ、音響インピーダンス等の物理的パラメータを調整することで、被検体と圧電体161との音響インピーダンスの整合を図ることができる。

【0017】

具体的には、第1の音響整合層12および第2の音響整合層14は、被検体に関する物質の音響インピーダンスと圧電体161の音響インピーダンスとの違いに起因する超音波の反射を抑制する。第1の音響整合層12は、音響レンズ10の背面側に設けられる。第2の音響整合層14は、第1の音響整合層12の背面側に設けられる。なお、音響整合層は、1層であってもよい。また、音響整合層は、3層以上であってもよい。

【0018】

振動子16は、圧電体161と、圧電体161の超音波放射面側(前面側)に設けられた接地(Ground)用電極(以下、圧電体前面電極と呼ぶ)163と、超音波放射面側の反対側(以下、背面側と呼ぶ)に設けられた信号用電極(以下、圧電体背面電極)165とを有する。圧電体161の前面側には、圧電体前面電極163が接合される。圧電体前面電極163は、電気的配線を介して、後述するFPCベース183における接地用信号線に接続される。圧電体前面電極163は、複数の振動子161の前面全域に亘って設けられる。

【0019】

なお、圧電体前面電極163は、音響レンズ10と第1の音響整合層12の間に設けられてもよい。この時、第1の音響整合層12及び第2の音響整合層14は、導電性を有する。また、圧電体前面電極163は、第1の音響整合層12と第2の音響整合層14との間に設けられてもよい。この時、第2の音響整合層14は、導電性を有する。

【0020】

圧電体161の背面側には、圧電体背面電極165が接合される。圧電体背面電極165は、圧電体161の背面全域に亘って設けられる。圧電体背面電極165は、後述する

10

20

30

40

50

FPCベース183に設けられたFPC電極181に電気的に接続される。

【0021】

圧電体161は、レンズ方向を長軸、アレイ方向を短軸として、矩形上に成形された特定の圧電セラミックスからなる。圧電体161は、図示していない超音波診断装置から複数の電子回路基板を介して供給された駆動信号（駆動パルス信号）により、超音波を発生する。圧電体161は、被検体に関する物質により反射された超音波を受けて、エコー信号（電気信号）を発生する。発生されたエコー信号は、図示していない複数の電子回路基板を介して超音波診断装置に供給される。

【0022】

FPC18は、前面側に圧電体背面電極165に電気的に接続されるFPC電極181と、FPC18の基盤となる絶縁体のベース層（以下、FPCベースと呼ぶ）183と、超音波の受信により圧電体161で発生された電気信号を超音波プローブ1から取り出すための信号線（以下、FPC信号線と呼ぶ）185と、圧電体前面電極163を接地させるための接地用信号線とを有する。FPC電極181については、後程詳述する。FPC信号線185は、FPCベース183の背面側にスルーホールを介して電気的に接続されて設けられてもよい。この時、接地用信号線は、FPCベース183の前面側に設けられる。

10

【0023】

バッキング材（背面材）20は、FPC18の背面に設けられる。バッキング材20は、FPC18、振動子16、第2の音響整合層14、第1の音響整合層12、音響レンズ10を支持する。バッキング材20は、放射される超音波パルスを短くするために振動子16を制動する。バッキング材20の厚さは、音響特性を良好に維持するため、使用する超音波の波長に対して十分な厚さ、すなわち背面方向の超音波が十分に減衰される厚さに設定される。

20

【0024】

図3は、前面側から見た圧電体背面電極165とFPC電極181とを、図1の断面図における振動子16とFPC18とともに示す図である。図3に示すように圧電体背面電極165は、アレイ方向において、アレイ方向における圧電体161の幅と同一な幅を有する。圧電体背面電極165は、レンズ方向において、レンズ方向における圧電体161の幅と同一な幅を有する。すなわち、圧電体背面電極165は、圧電体161の背面の面積と同一な面積を有する。

30

【0025】

FPC電極181は、レンズ方向の中央部分190から端部分192に亘って、アレイ方向の幅が連続的に増大する構造を有する。この構造は、1次元アレイプローブ1における複数の振動子にそれぞれ対応する複数のFPC電極各々について適用される。図3に示すように、FPC電極181の中央部分190の面積は、FPC電極181の端部分192の面積より小さい。また、FPC電極181の中央部分190におけるアレイ方向の幅（例えばc）は、FPC電極181の端部分192のアレイ方向の幅（例えばd）よりも短い（ $c < d$ ）。レンズ方向に依存したFPC電極181の形状は、例えば、フォトマスク、エッチングプロセスなどにより形成される。

40

【0026】

なお、FPC電極181の中央部分190から端部分192にかけてのアレイ方向の幅の増大は、図3のように直線的に増大することのかわりに、特定の関数の形状に従って増大させる構造であってもよい。

【0027】

FPCベース183と圧電体背面電極165との間のうち、FPC電極181が存在しない領域には、FPCベース183と圧電体背面電極165とを接着するための接着剤195が設けられる。

【0028】

（第1の変形例）

50

第1の実施形態との相違は、FPC電極181がレンズ方向に分割されていることがある。

図4は、第1の変形例に係り、前面側から見たFPC電極181の構造の一例を、圧電体背面電極165とともに示す図である。図4におけるaおよびbは、図3におけるaおよびbにそれぞれ対応する。第1の変形例において、FPC信号線は、FPCベース183の背面側に設けられるため、図4には記載されていない。FPC電極181は、図示していないスルーホールを介して、FPCベース183の背面側のFPC信号線に電気的に接続される。

【0029】

図4におけるFPC電極181において、中央部分190におけるレンズ方向の幅（例えばc）は、端部分192におけるレンズ方向の幅（例えばd）よりも短い（ $c < d$ ）。すなわち、分割された複数のFPC電極各々のレンズ方向の幅は、中央部分190から端部分192に掛けて長くなる。FPC電極181に関する上記構造は、1次元アレイプローブ1における複数の振動子にそれぞれ対応する複数のFPC電極各々について適用される。

【0030】

(第2の変形例)

第1の実施形態との相違は、FPC電極181がレンズ方向の中央部分190から端部分192に亘って、アレイ方向の幅が断続的に増大する構造を有する。具体的には、FPC電極181のアレイ方向の幅は、FPC電極181の中央部分190から端部分192に亘って階段状に増大する。この構造は、1次元アレイプローブ1における複数の振動子にそれぞれ対応する複数のFPC電極各々について適用される。

【0031】

図5は、第2の変形例に係り、超音波放射面側から見たFPC電極181の構造の一例を示す図である。図5におけるaおよびbは、図3におけるaおよびbにそれぞれ対応する。図5に示すように、FPC電極181の中央部分190の面積は、FPC電極181の端部分192の面積より小さい。また、FPC電極181の中央部分190におけるアレイ方向の幅（例えばc）は、FPC電極181の端部分192のアレイ方向の幅（例えばd）よりも短い（ $c < d$ ）。

【0032】

FPCベース183と圧電体背面電極165との間のうち、FPC電極181が存在しない領域には、FPCベース183と圧電体背面電極165とを接着するための接着剤195が設けられる。

【0033】

図6は、第2の変形例に係り、図5におけるFPC電極181が用いられた場合において、超音波放射面から深さ2mmにおけるレンズ方向に対する音圧強度（デシベルdB）の分布についての計算結果の一例を示す図である。図6の縦軸は、音圧強度（デシベルdB）を示している。図6の横軸は、1次元アレイプローブ1のレンズ方向の中心を原点（0mm）とし、レンズ方向からの距離（mm単位）を示している。図6における破線は、参照として、FPC電極181が圧電体背面電極165と同じ形状（面積）を有する場合（以下、参照例と呼ぶ）の計算結果である。図6における実線は、第2の変形例に係り、図5におけるFPC電極181の構造を有する場合の計算結果である。図6における素子口径は、圧電体161のレンズ方向の幅（2.5mm）に対応する。

【0034】

音圧分布の計算において、1次元アレイプローブ1における中心周波数は12MHzである。レンズ方向の音圧分布の計算において、複数の振動子各々のアレイ方向の幅は、0.7μmであって、レンズ方向の長さは、2.5mmである。また、FPC電極181の端部分192におけるアレイ方向の幅（dの幅）は、250μmである。FPC電極181の中央部分190におけるアレイ方向の幅（cの幅）は、15μmである。

【0035】

10

20

30

40

50

図6に示すように、FPC電極181におけるレンズ方向の中央部分190において、第2の変形例における音圧強度は、参照例における音圧強度に比べて、約2dBほど大きくなる。

【0036】

図7は、参照例と第2の変形例とに係り、レンズ方向と深さ方向とにおける音場の強度分布に関する計算結果を等音圧線で示した超音波ビームのプロファイルの一例を示す図である。図7の縦軸は、1次元アレイプローブ1のレンズ方向の中心を原点(0mm)とし、レンズ方向からの距離(mm単位)を示している。図7の横軸は、超音波放射面に垂直な方向であって、超音波の放射距離(深さ:mm)を示している。図7における濃淡の実線は、等音圧線(いわゆる等高線)を示している。隣り合う2つの実線の間隔は、音圧強度で1dBの差に対応する。

10

【0037】

図7における参照例は、圧電体背面電極165に対してFPC電極181が一様で均一な構造を有しているため、レンズ方向に対して音圧の重み付けがなされていない。参照例において、音響レンズ10による超音波の収束のため、深さ15mmより浅い地点で超音波ビームは最も収束している。参照例において、収束点より深い地点では、超音波は拡散する。この超音波の拡散は、レンズ方向の分解能の低減に寄与する。分解能の低減は、超音波診断装置で発生される超音波画像の画質の劣化につながる。

20

【0038】

図7における第2の変形例では、近距離部分(深さ:0~20mm)でビーム中央部(レンズ方向の0mm近傍)の音圧強度が、参照例に比べて高くなっていることが示されている。さらに、近距離部分において、超音波ビームのビーム幅が、参照例に比べて広くなっていること、すなわち音場の均一性が向上していることが示されている。加えて、例えば深さ40mm近傍(図7における丸印)において、第2の変形例におけるサイドロープが、参照例に比べて低減されていることが示されている。

30

【0039】

(第3の変形例)

第1の実施形態との相違は、FPC電極181が網目(メッシュ)構造を有することにある。

具体的には、レンズ方向におけるFPC電極181の中央部分190において、網目構造のうち網目の空隙部分の数は、レンズ方向の端部分192より多い。すなわち、レンズ方向において、FPC電極181の中央部分190における空隙部分の面積は、FPC電極181の端部分192の空隙部分の面積より大きい。圧電体背面電極165にFPC電極181が接合されるとき、網目構造の空隙部分には非導体の接着剤195が充填される。

30

【0040】

図8は、第3の変形例に係り、超音波放射面側から見たFPC電極181の構造の一例を示す図である。図8におけるaおよびbは、図3におけるaおよびbにそれぞれ対応する。図8に示すように、中央部分190における網目構造における目の数は、端部分の目の数より多い。すなわち、FPC電極181の中央部分190における目の数の密度は、端部分192における目の数の密度より大きい。なお、中央部分190における網目構造の目開きの広さdは、端部分192における網目構造の目開きの広さdよりも広くてもよい。具体的には、図8に示すように、第3の変形例に係るFPC電極181の構造は、網目構造における目の数が、レンズ方向に沿って端部分192から中央部分190に掛けて増大する網目構造を有する。

40

【0041】

以上に述べた構成によれば、以下の効果を得ることができる。

本実施形態の超音波プローブ1によれば、FPC電極181は、レンズ方向において、圧電体背面電極165に電気的に接続されるFPC電極181の中央部分190の面積を、FPC電極181の端部分192の面積より小さくすることができる構造を有する。

50

【0042】

具体的には、本実施形態のFPC電極181は、中央部分190から端部分192にかけてFPC電極181のアレイ方向の幅が圧電体背面電極165におけるアレイ方向の幅まで連続して増大する構造を有する。本実施形態の第1の変形例のFPC電極181は、FPC電極181をレンズ方向に分割することにより、レンズ方向において、FPC電極181の中央部分190の面積を端部分192の面積に比べて小さくした構造を有する。本実施形態の第2の変形例のFPC電極181は、レンズ方向において、FPC電極181の中央部分190から端部分192に亘って、アレイ方向の幅を断続的に増大する構造を有する。本実施形態の第3の変形例のFPC電極181は、網目構造のうち空隙部分である目の数がレンズ方向に沿って端部分192から中央部分190に掛けて増大する網目構造を有する。

10

【0043】

これらのようなFPC電極181の構造により、振動子16における圧電体背面電極165の面積を減少させずに、送信超音波の音圧強度に重み付けを付与することができる。圧電体背面電極165の面積を減少させないことは、振動子16の静電容量を減少させないことに対応する。振動子16の静電容量を減少させないことは、振動子16の音響インピーダンスを低く維持できることに対応し、超音波プローブ1の感度低下を防ぐことができる。従って、本超音波プローブ1によれば、超音波プローブ1の感度を低下させずに、送信超音波の音圧強度に重み付けを付与することができる。

20

【0044】

さらに、本超音波プローブ1によれば、近距離音場（浅い深度の音場）において、送信超音波の音圧強度を均一化させることができる。加えて、本超音波プローブ1によれば、送信超音波の音場において、サイドロープを低減させることができる。これにより、本超音波プローブ1によれば、レンズ方向の分解能が改善する。また、本超音波プローブ1は、FPC電極181の中央部分190におけるアレイ方向の幅を端部分192におけるアレイ方向の幅より狭くするためのFPCの製造工程の変更により、実現することができる。

20

【0045】

以上のことから、本超音波プローブ1によれば、製造コストおよび製造工数などを増大させることなく、かつ部材の信頼性を低下させることなく、送信超音波の音圧強度に重み付した音場を発生させることができる。加えて、本超音波プローブ1によれば、サイドロープが低減され、近距離音場の音圧強度の均一性が向上する。

30

【0046】

なお、本実施形態は、他のレンズ方向における音場の改善技術と組み合わせることも可能である。例えば、レンズ方向における送信超音波の音圧強度に重み付けをするために形成された振動子に、本実施形態の構造を組み合わせることで、レンズ方向の送信超音波の音圧に重み付けを、より効率的に実施することができる。

【0047】

(第2の実施形態)

第1の実施形態との相違は、アレイ方向に配列された複数の振動子の数より少ない数で、複数の振動子をエレベーション方向（レンズ方向）について分割した1.5次元アレイプローブに関するものである。以下説明を簡単にするために、エレベーション方向における振動子の分割は、3分割であるものとする。

40

【0048】

1.5次元アレイプローブは、エレベーション方向においても多数の振動子が配列されているため、用途に応じて口径を設定して超音波送信が可能となる。例えば、1.5次元アレイプローブを用いて近距離（浅い深度）を走査する場合、超音波診断装置は、1.5次元アレイプローブにおける超音波送信口径を小さくすることにより送信超音波ビームを細く絞って、高分解能な超音波画像を発生することができる。加えて、例えば、1.5次元アレイプローブを用いて遠距離（深い深度）を走査する場合、超音波診断装置は、1.

50

5次元アレイプローブにおける超音波送信口径を大きくすることにより有効振動子面積を広げ、高感度でエコー信号を受信することができる。

【0049】

図9は、第2の実施形態に係り、超音波放射面側から見た圧電体背面電極165とFPC電極181とを、エレベーション方向に沿った断面とともに示す図である。図9に示すように圧電体背面電極165は、アレイ方向における圧電体16の幅と同一な幅を有する。圧電体背面電極165は、エレベーション方向における圧電体16の幅と同一な幅を有する。すなわち、圧電体背面電極165は、圧電体16の背面の面積と同一な面積を有し、複数の圧電体各々に設けられる。

【0050】

FPC電極181は、エレベーション方向に配列された複数の圧電体各々の背面側に設けられた圧電体背面電極165に対向して電気的に接続される。FPC電極181のうち中央部分190のFPC電極181の面積は、端部分192のFPC電極181の面積より小さい。図9に示すように、FPCベース183と圧電体背面電極165との間のうち、FPC電極181が存在しない領域には、FPCベース183と圧電体背面電極165とを接着するための接着剤195が設けられる。

【0051】

図9に示すように、aおよびb、eおよびfで挟まれる端部分192と、cおよびdで挟まれる領域における中央部分とは、振動子A、B、Cからの電気信号をそれぞれ独立して取り出すために、電気的に絶縁される。FPC電極部分D、E、Fそれぞれの背面には、図示していないスルーホールが設けられる。スルーホールには、FPC信号線185が電気的に接続される。FPC信号線185は、FPCベース183の背面に設けられる。FPCベース183の前面には、図示していないが、複数の圧電体各々における圧電体前面電極163を接地させるための接地用信号線が設けられる。

【0052】

(変形例)

第2の実施形態との相違は、図9におけるFPC電極部分Eにおいて、アレイ方向における導体部分の幅が圧電体16の幅より短くかつ、エレベーション方向に対して一定であることがある。

【0053】

図10は、第2の実施形態の変形例に係り、超音波放射面側から見たFPC電極181の構造の一例を示す図である。図10に示すように、FPC電極部分Eにおけるアレイ方向の幅は、 $15\mu m$ であり、エレベーション方向において一定である。FPC電極部分D、Fともにアレイ方向の幅は、 $70\mu m$ であって、圧電体16のアレイ方向の幅と同一である。すなわち、FPC電極181の中央部分190の面積は、FPC電極181の端部分192の面積より小さい。なお、FPC電極部分D、Fの面積は、エレベーション方向に沿って、FPC電極181の中央よりの端(bまたはe)から端部分192の端(aまたはf)に向かって、増大する構造としてもよい。

【0054】

図11は、第2の実施形態の変形例に係り、図10におけるFPC電極181が用いられた場合において、送信超音波の周波数に対する音圧強度(デシベルdB)についての計算結果の一例(周波数スペクトラム)を示す図である。図11の横軸は、1.5次元アレイプローブから送信される超音波(送信超音波)の周波数(MHz単位)を示している。図11における縦軸は、送信超音波の周波数ごとの音圧強度を示している。

【0055】

図11における破線は、FPC電極181の端部分192で発生された送信超音波の周波数スペクトラムの計算結果を示している。図11における実線は、FPC電極181の中央部分190で発生された送信超音波の周波数スペクトラムの計算結果を示している。図11に関して、超音波プローブの口径は、圧電体161のレンズ方向の幅(2.5mm)に対応する。

【0056】

FPC電極181の中央部分190と端部分192における送信超音波の周波数スペクトラムの計算において、1.5次元アレイプローブにおける中心周波数は12MHzである。周波数スペクトラムの計算において、複数の振動子各々のアレイ方向の幅は、0.7μmであって、エレベーション方向の長さは、2.5mmである。また、FPC電極181の端部分192におけるアレイ方向の幅は、250μmである。FPC電極181の中央部分190におけるアレイ方向の幅は、15μmである。

【0057】

図11に示すように、FPC電極181におけるエレベーション方向の中央部分190の音圧強度は、高周波数帯域において、端部分192における音圧強度に比べて大きい。すなわち、中央部分190において発生される送信超音波の周波数成分は、端部分192において発生される送信超音波の周波数成分より多いことに対応する。従って、図11は、本実施形態により周波数特性が変化したことを示している。

10

【0058】

図11によれば、例えば、本実施形態における1.5次元アレイプローブを用いた超音波診断装置において、FPC電極181の中央部分190に対応する振動子を駆動させて超音波を送信する場合、駆動電圧が同じでもより高い周波数の超音波を送信できることから、近距離部分（浅い深度）において、より高分解能な超音波画像を発生することができる。

20

【0059】

以上に述べた構成によれば、以下の効果を得ることができる。

本実施形態の超音波プローブ（1.5次元アレイプローブ）によれば、FPC電極181は、レンズ方向において、圧電体背面電極165に電気的に接続されるFPC電極181の中央部分190の面積を、FPC電極181の端部分192の面積より小さくすることができます。

30

【0060】

具体的には、本実施形態のFPC電極181は、中央部分190から端部分192にかけてFPC電極181のアレイ方向の幅が圧電体背面電極165におけるアレイ方向の幅まで連続して増大する構造を有する。また、本実施形態の変形例によれば、FPC電極181の中央部分190のアレイ方向の幅を、FPC電極181の端部分190の幅に比べて狭くすることができる。

30

【0061】

このようなFPC電極181の構造により、振動子16における圧電体背面電極165の面積を減少させずに、送信超音波の音圧強度に重み付けを付与することができる。さらに、本超音波プローブによれば、近距離音場（浅い深度の音場）において、送信超音波の音圧強度を均一化させることができる。加えて、本超音波プローブによれば、送信超音波の音場において、サイドロープを低減させることができる。また、本超音波プローブによれば、FPC電極181の中央部分190に関する周波数スペクトラムの音圧強度を、端部分192の音圧強度より大きい周波数特性に変更することができる。これらにより、本超音波プローブによれば、レンズ方向の分解能が改善する。また、本超音波プローブは、FPC電極181の中央部分190におけるアレイ方向の幅を端部分192におけるアレイ方向の幅より狭くするためのFPC18の製造工程の変更により、実現することができる。

40

【0062】

以上のことから、本超音波プローブによれば、製造コストおよび製造工数などを増大させることなく、かつ部材の信頼性を低下させることなく、送信超音波の音圧強度に重み付した音場を発生させることができる。加えて、本超音波プローブによれば、サイドロープの低減と、中央部分190の超音波送信周波数の強度の向上とにより、近距離音場の音圧強度の均一性とエレベーション方向の分解能とが向上する。

【0063】

50

(第3の実施形態)

第1、第2の実施形態との相違は、超音波プローブにおいて、アジャマス方向とエレベーション方向とに2次元状に配列された複数の振動子を有する2次元アレイプローブに関するものである。

【0064】

2次元アレイプローブは、エレベーション方向においても多数の振動子が配列されているため、用途に応じて送信口径を制御した超音波送信が可能となる。2次元アレイプローブにおける複数の振動子各々において、超音波の送受信に関する制御（例えば、送信、受信遅延加算などの位相制御）が可能である。このため、音響レンズ10は省略することが可能である。また、2次元アレイプローブを有する超音波診断装置は、アジャマス方向およびエレベーション方向に限らず任意の方向に超音波ビームを偏向、走査することが可能となる。

10

【0065】

2次元アレイプローブにおける複数の圧電体各々の背面には圧電体背面電極165が接合される。また、2次元アレイプローブにおける複数の圧電体161の前面には、接地用の共通電極が設けられる。

20

【0066】

図12は、第3の実施形態に係り、超音波放射面側から見た圧電体背面電極165とFPC電極181の分布のパターンとの一例を示す図である。複数の圧電体背面電極165にそれぞれ対応する複数の圧電体161により発生された電気信号を取り出すために、FPC電極181は、複数の圧電体背面電極165ごとに絶縁される。なお、図を簡便にするために、図12において、複数の圧電体背面電極165ごとのFPC電極181の絶縁については図示していない。

20

【0067】

具体的には、FPC電極181の面積は、複数の圧電体背面電極165各々について、2次元アレイプローブの音響開口の中心からの距離に応じて増大する。すなわち、音響開口の中央部分197における圧電体背面電極165に接続されるFPC電極181の面積は、音響開口の端部分199における圧電体背面電極165に接続されるFPC電極181の面積より小さい。図12におけるFPC電極181の面積の大きさの分布は、音響開口の中心から放射状に3または4段階に亘って、広くなる構造を有する。

30

【0068】

換言すれば、音響開口の中央部分197における接着剤195の面積は、音響開口の端部分199における接着剤195の面積より広い。なお、図12においては、接着剤195の分布は同心円状としているが、接着剤195の分布は矩形であってもよい。

【0069】

なお、第3の実施形態において、2次元アレイプローブにおける複数の振動子は、サブアレイ化されていてもよい。図13は、図12の2次元アレイプローブをサブアレイ化した場合において、超音波放射面側から見た圧電体背面電極165とFPC電極181の分布のパターンとを示す図である。図13において、サブアレイ化は、4つの振動子に対して、一つのFPC信号線が接続される。

40

【0070】

また、第3の実施形態の2次元アレイプローブにおいて、複数の振動子を有する音響開口の部分領域を用いてスキャンが実行されてもよい。この時、部分領域におけるFPC電極181の中央部分の面積は、端部分の面積に比べて小さくなる。

【0071】

図14は、2次元アレイプローブにおいて、部分領域におけるFPC電極181の中央部分の面積は、端部分の面積に比べて小さくなるFPC電極の分布パターンの一例を示す図である。図14において、部分領域には9つの振動子が配列される。部分領域におけるFPC電極181の中央部分の面積は、端部分の面積に比べて小さくなる。なお、2次元アレイプローブ全域においても、音響開口の中央部分における部分領域200のFPC電

50

極の面積は、音響開口の端部分における部分領域 201 の FPC 電極の面積より小さい。

【0072】

以上に述べた構成によれば、以下の効果を得ることができる。

本実施形態の超音波プローブ（2次元アレイプローブ）によれば、FPC 電極 181 は、アジマス方向およびエレベーション方向において、音響開口に対応する FPC 電極 181 の中央部分の面積を、FPC 電極 181 の端部分の面積より小さくすることができる構造を有する。

【0073】

具体的には、FPC 電極 181 は、複数の圧電体背面電極各々について、2次元アレイプローブの音響開口の中心からの距離に応じて（例えば放射状に）増大することができる。また、本実施形態に係る2次元アレイプローブは、サブアレイ化されていてもよい。

10

【0074】

このような FPC 電極 181 の構造により、振動子 16 における圧電体背面電極 165 の面積を減少させずに、送信超音波の音圧強度に重み付けを付与することができる。さらに、本超音波プローブによれば、近距離音場（浅い深度の音場）において、送信超音波の音圧強度を均一化させることができる。加えて、本超音波プローブによれば、送信超音波の音場において、サイドロープを低減させることができる。また、本超音波プローブによれば、音響開口の中央部分に関する周波数スペクトラムの音圧強度を、端部分の音圧強度より大きい周波数特性に変更することができる。これらにより、本超音波プローブによれば、アジマス方向およびエレベーション方向の分解能が改善する。また、本超音波プローブは、FPC 18 の製造工程の変更により、実現することができる。

20

【0075】

以上のことから、本超音波プローブによれば、製造コストおよび製造工数などを増大させることなく、かつ部材の信頼性を低下させることなく、送信超音波の音圧強度に重み付した音場を発生させることができる。加えて、本超音波プローブによれば、サイドロープの低減と、中央部分の超音波送信周波数の強度の向上とにより、近距離音場の音圧強度の均一性と、アジマス方向およびエレベーション方向の分解能とが向上する。

30

【0076】

（第 4 の実施形態）

第 1 乃至第 3 の実施形態との相違は、圧電体背面電極 165 と FPC 電極 181 との間に導体を設けることにある。第 4 の実施形態における圧電体背面電極 165 と FPC 電極 181 とは、超音波放射面からみて、同一形状を有する。導体は、例えば、銅、銀、金などの導電性を有する金属材料により構成される。本実施形態に係る超音波プローブが 1 次元アレイプローブである場合、例えば、図 3、図 4、図 5、図 8 に記載の FPC 電極 181 の形状のうちいずれか一つの形状が、超音波放射面から見た導体の形状として用いられる。

30

【0077】

なお、本実施形態に係る超音波プローブが 1.5 次元アレイプローブである場合、例えば、図 9、図 10 に記載の FPC 電極 181 の形状のうちいずれか一つの形状が、超音波放射面から見た導体の形状として用いられる。また、本実施形態に係る超音波プローブが 2 次元アレイプローブである場合、例えば、図 12、図 13、図 14 に記載の FPC 電極 181 の形状のうちいずれか一つの形状が、超音波放射面から見た導体の形状として用いられる。

40

【0078】

以上に述べた構成によれば、以下の効果を得ることができる。

本実施形態の超音波プローブ（1次元アレイプローブ、1.5 次元アレイプローブ、2 次元アレイプローブ）によれば、圧電体背面電極 165 と FPC 電極 181 との間に、第 1 乃至第 3 の実施形態に係る FPC 電極 181 と同じ形状を有する導体を挟むことができる。このような導体を圧電体背面電極 165 と FPC 電極 181 との間に挟むことにより、振動子 16 における圧電体背面電極 165 の面積を減少させずに、送信超音波の音圧強

50

度に重み付けを付与することができる。さらに、本超音波プローブによれば、近距離音場（浅い深度の音場）において、送信超音波の音圧強度を均一化させることができる。加えて、本超音波プローブによれば、送信超音波の音場において、サイドロープを低減させることができる。また、本超音波プローブによれば、音響開口またはFPC電極181の中央部分に関する周波数スペクトラムの音圧強度を、端部分の音圧強度より大きい周波数特性に変更することができる。これらにより、本超音波プローブによれば、レンズ方向またはアジマス、エレベーション方向の分解能が改善する。また、本超音波プローブは、FPC18の製造工程の変更により、実現することができる。

【0079】

以上のことから、本超音波プローブによれば、製造コストおよび製造工数などを増大させることなく、かつ部材の信頼性を低下させることなく、送信超音波の音圧強度に重み付した音場を発生させることができる。加えて、本超音波プローブによれば、サイドロープの低減と、中央部分の超音波送信周波数の強度の向上とにより、近距離音場の音圧強度の均一性と、アジマス方向およびエレベーション方向の分解能とが向上する。

10

【0080】

なお、本発明は上記実施形態そのままで限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化できる。また、上記実施形態に開示されている複数の構成要素の適宜な組み合わせにより、種々の発明を形成できる。例えば、実施形態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除してもよい。さらに、異なる実施形態にわたる構成要素を適宜組み合わせてもよい。

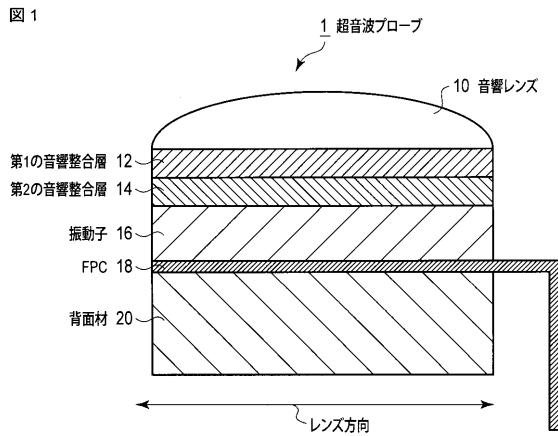
20

【符号の説明】

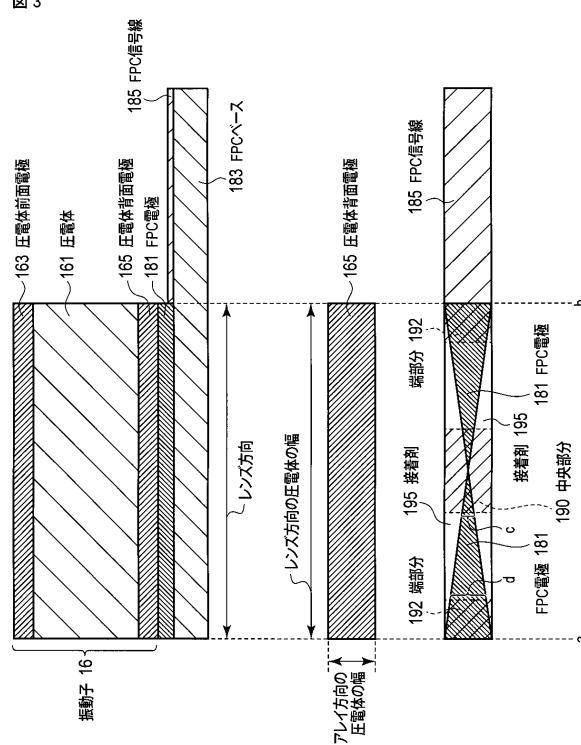
【0081】

1...超音波プローブ、10...音響レンズ、12...第1の音響整合層、14...第2の音響整合層、16...振動子、18...FPC (Flexible Printed Circuit board : フレキシブルプリント基板)、20...パッキング材、161...圧電体、163...圧電体前面電極、165...圧電体背面電極、181...FPC電極、183...FPCベース、185...FPC信号線、190...中央部分、192...端部分、195...接着剤、197...音響開口の中央部分、199...音響開口の端部分、200...、音響開口の中央部分における部分領域、201...音響開口の端部分における部分領域

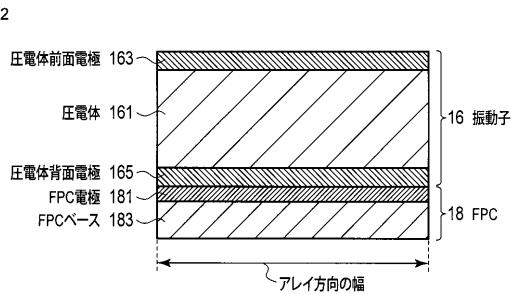
【図1】



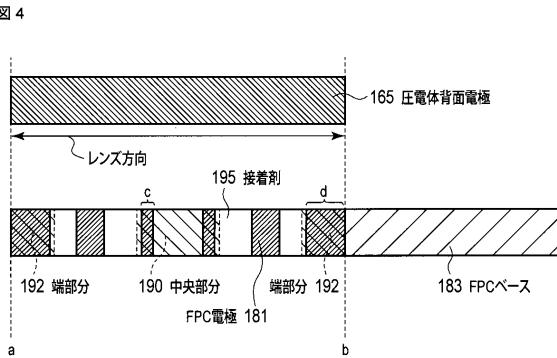
【図3】



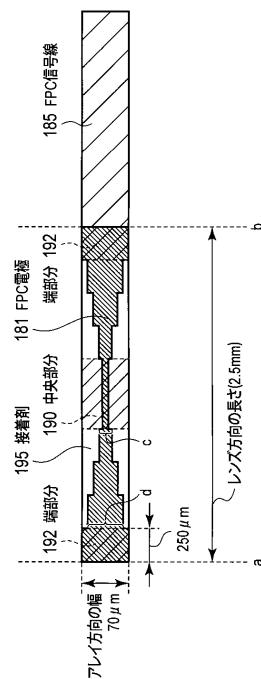
【図2】



【図4】

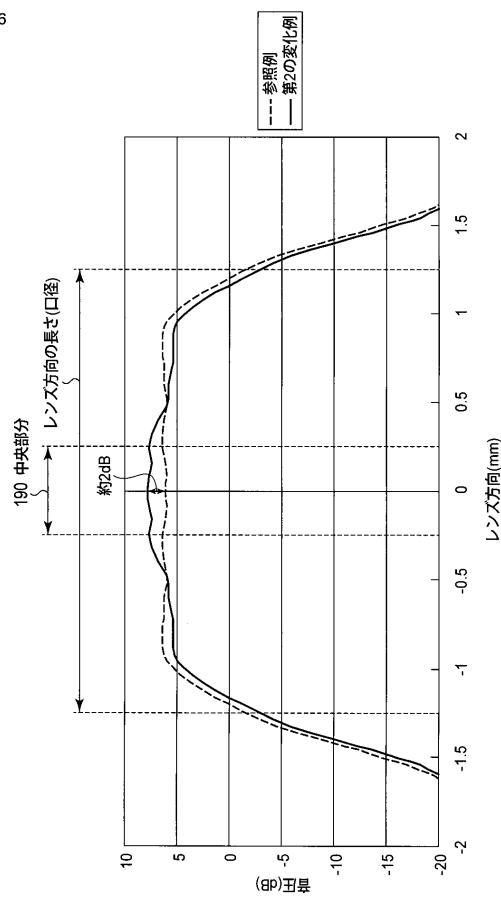


【図5】

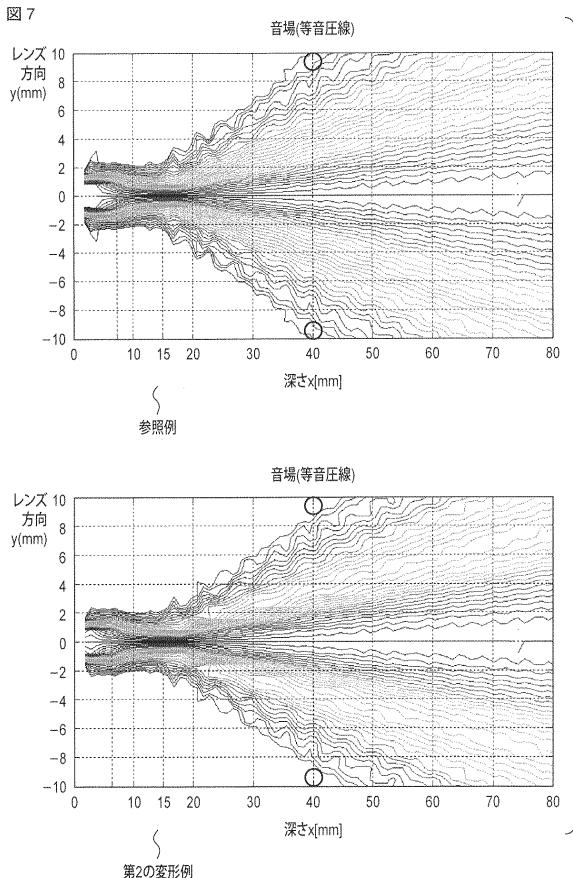


【図6】

図6

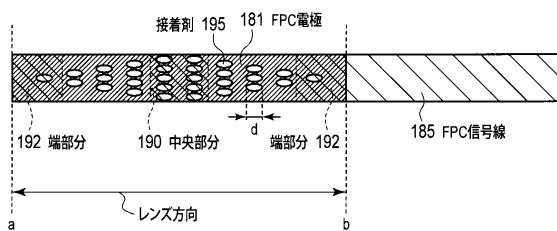


【図7】

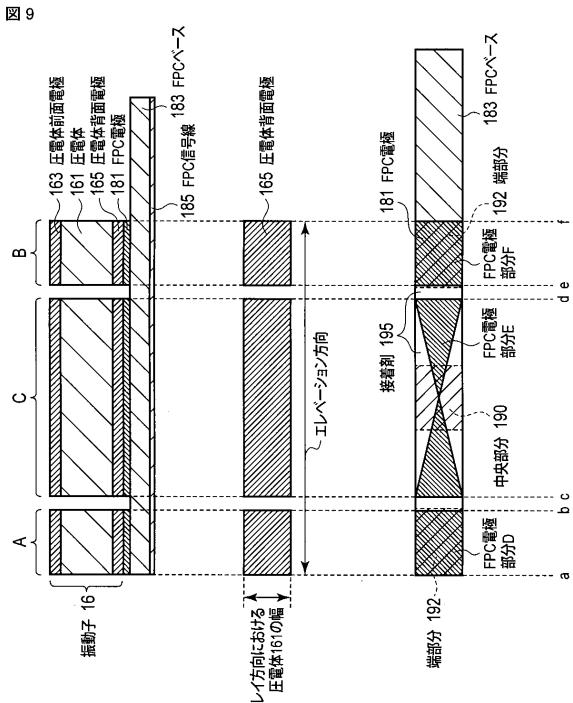


【図8】

図8

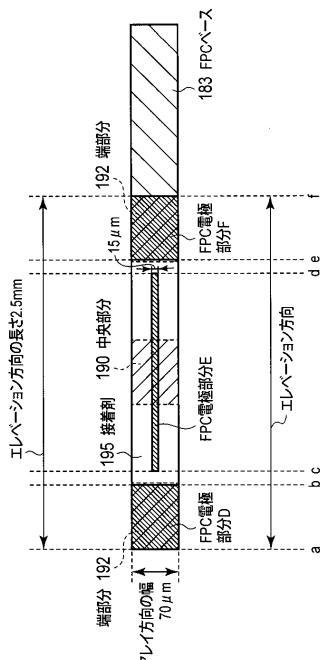


【図9】



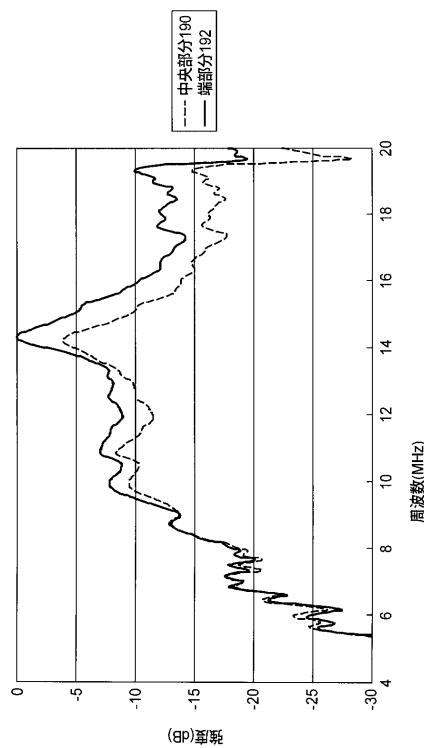
【図 10】

図 10



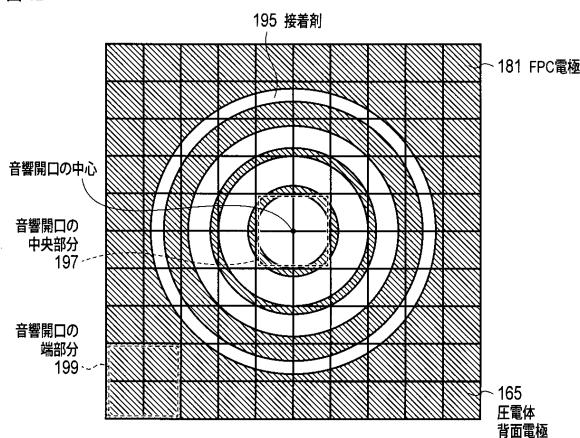
【図 11】

図 11



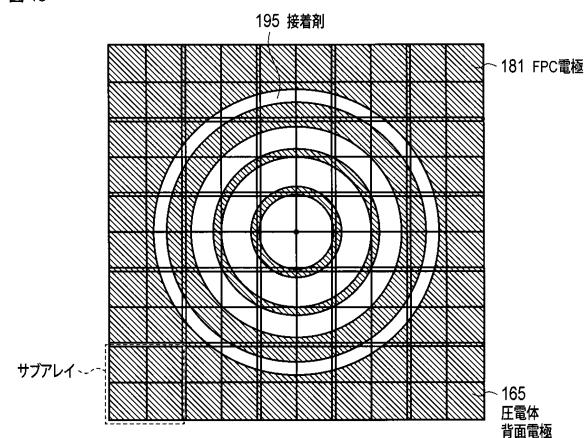
【図 12】

図 12



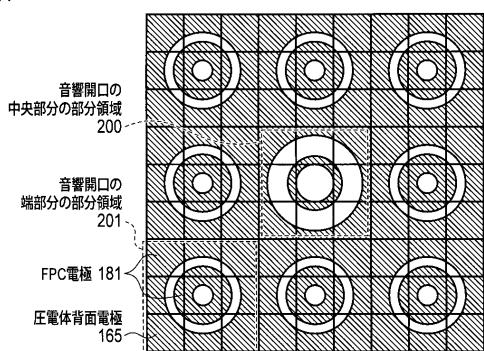
【図 13】

図 13



【図 14】

図 14



フロントページの続き

(74)代理人 100075672
弁理士 峰 隆司
(74)代理人 100095441
弁理士 白根 俊郎
(74)代理人 100103034
弁理士 野河 信久
(74)代理人 100119976
弁理士 幸長 保次郎
(74)代理人 100153051
弁理士 河野 直樹
(74)代理人 100140176
弁理士 砂川 克
(74)代理人 100158805
弁理士 井関 守三
(74)代理人 100172580
弁理士 赤穂 隆雄
(74)代理人 100179062
弁理士 井上 正
(74)代理人 100124394
弁理士 佐藤 立志
(74)代理人 100112807
弁理士 岡田 貴志
(74)代理人 100111073
弁理士 堀内 美保子
(74)代理人 100134290
弁理士 竹内 将訓
(72)発明者 青木 稔
栃木県大田原市下石上1385番地 東芝メディカルシステムズ株式会社本社内
(72)発明者 尾名 康裕
栃木県大田原市下石上1385番地 東芝メディカルシステムズ株式会社本社内
(72)発明者 武内 俊
栃木県大田原市下石上1385番地 東芝メディカルシステムズ株式会社本社内
F ターム(参考) 2G047 AA12 AC13 CA01 EA07 GB02 GB21 GB32
4C601 EE04 GB19 GB20 GB41 HH25
5D019 AA02 BB18 BB25 FF04 GG03

专利名称(译)	超声波探头		
公开(公告)号	JP2013243449A	公开(公告)日	2013-12-05
申请号	JP2012114255	申请日	2012-05-18
[标]申请(专利权)人(译)	株式会社东芝 东芝医疗系统株式会社		
申请(专利权)人(译)	东芝公司 东芝医疗系统有限公司		
[标]发明人	青木 稔 尾名 康裕 武内 俊		
发明人	青木 稔 尾名 康裕 武内 俊		
IPC分类号	H04R17/00 A61B8/00 G01N29/24		
FI分类号	H04R17/00.330.H A61B8/00 G01N29/24.502 H04R17/00.332.A		
F-TERM分类号	2G047/AA12 2G047/AC13 2G047/CA01 2G047/EA07 2G047/GB02 2G047/GB21 2G047/GB32 4C601 /EE04 4C601/GB19 4C601/GB20 4C601/GB41 4C601/HH25 5D019/AA02 5D019/BB18 5D019/BB25 5D019/FF04 5D019/GG03		
代理人(译)	中村诚 河野直树 井上 正 冈田隆		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

摘要：要解决的问题：提供一种超声波探头，其中透镜方向上的超声波束均匀性得到改善，旁瓣减小，方式简单，可靠性高。解决方案：根据实施例的超声波探头1包括：沿第一方向布置的多个压电材料161；第一电极165设置在各个压电材料161的背面；第二电极181设置在柔性印刷板18上，面对第一电极165并与之电连接。在垂直于第一方向的第二方向上，第二电极181的中心部分190的面积小于第二电极181的端部192的面积。

図 3

