

(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2008-66972

(P2008-66972A)

(43) 公開日 平成20年3月21日(2008.3.21)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H04R 17/00 (2006.01)	H04R 17/00 332B	4C601
A61B 8/00 (2006.01)	A61B 8/00	5D019
	H04R 17/00 330H	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2006-241666 (P2006-241666)	(71) 出願人	000003078
(22) 出願日	平成18年9月6日(2006.9.6)		株式会社東芝
			東京都港区芝浦一丁目1番1号
		(71) 出願人	594164542
			東芝メディカルシステムズ株式会社
			栃木県大田原市下石上1385番地
		(71) 出願人	594164531
			東芝医用システムエンジニアリング株式会
			社
			栃木県大田原市下石上1385番地
		(74) 代理人	100081411
			弁理士 三澤 正義
		(72) 発明者	小川 隆士
			栃木県大田原市下石上1385番地 東芝
			医用システムエンジニアリング株式会社内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波プローブ及び超音波診断装置

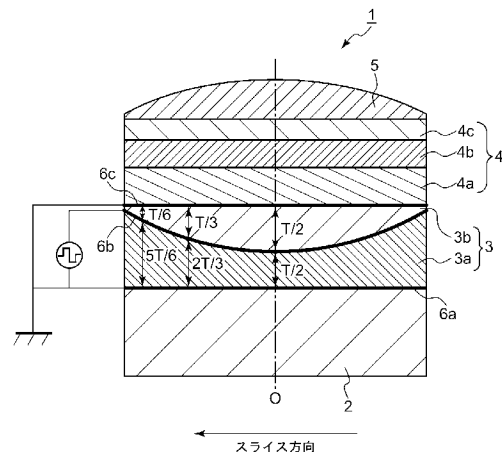
(57) 【要約】

【課題】製造性及び高感度を確保した上で、超音波画像のスライス厚を均一にし、サイドローブを低減することが可能な超音波プローブを提供する。

【解決手段】スライス方向の中心O付近においては、第1の圧電体層3aの厚さと第2の圧電体層3bの厚さとをほぼ等しくする。第1の圧電体層3aの上面を凹面状とし、下面を平面状とする。第2の圧電体層3bの下面を凸面状とし、上面を平面状とする。これにより、中心O付近が高感度でスライス方向の端部に近づくにつれて徐々に感度を低くすることができ、スライス方向に正ウェイトイングの重みを付けた超音波を送信又は受信することができる。その結果、スライス方向のサイドローブを低減して、深さ方向の音場を均一にすることができ、超音波画像のスライス厚を均一にすることが可能となる。

。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

上面及び下面に電極が設けられ、電圧が印加されることで超音波を送信し、また、超音波を受信する圧電振動子部を備えた超音波プローブであって、

前記圧電振動子部は、複数の圧電体が走査方向に配列された圧電体層が電極を介して複数層積層され、

前記複数の圧電体層のうち少なくとも互いに接する 2 層の圧電体層の厚さが、前記走査方向に直交するスライス方向に徐々に変化していることを特徴とする超音波プローブ。

【請求項 2】

前記少なくとも互いに接する 2 層の圧電体層の前記走査方向に直交するスライス方向の略中心における厚さがほぼ等しいことを特徴する請求項 1 に記載の超音波プローブ。

10

【請求項 3】

前記少なくとも互いに接する 2 層の圧電体層のうち、一方の圧電体層の前記走査方向に直交するスライス方向の略中心における厚さが、他方の圧電体層の前記走査方向に直交するスライス方向の略中心における厚さの 80 ~ 120 % の厚さである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】

前記少なくとも互いに接する 2 層の圧電体層のうち、一方の圧電体層は、前記走査方向に直交するスライス方向の端部に近づくにつれて徐々に厚さが厚くなり、他方の圧電体層は、前記走査方向に直交するスライス方向の端部に近づくにつれて徐々に厚さが薄くなることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載の超音波プローブ。

20

【請求項 5】

前記少なくとも互いに接する 2 層の圧電体層は、他方の圧電体層と接している面が曲線状に形成されていることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載の超音波プローブ。

【請求項 6】

前記少なくとも互いに接する 2 層の圧電体層のうち、一方の圧電体層の一方の面が凸面状に形成され、他方の圧電体層の一方の面が凹面状に形成され、前記凸面状に形成された面と前記凹面状に形成された面とが嵌合していることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載の超音波プローブ。

30

【請求項 7】

前記圧電振動子部の上面及び下面は、平面状に形成されていることを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のいずれかに記載の超音波プローブ。

【請求項 8】

複数の圧電体が走査方向に配列された圧電体層が電極を介して複数層積層された圧電振動子部を有し、前記複数の圧電体層のうち少なくとも互いに接する 2 層の圧電体層の厚さが、前記走査方向に直交するスライス方向に徐々に変化している超音波プローブと、

前記超音波プローブにより被検体に対して超音波を送受信させる送受信手段と、

前記送受信手段が受信した前記被検体からの反射波に基づいて超音波画像を生成する画像生成手段と、

40

を有することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 9】

前記少なくとも互いに接する 2 層の圧電体層のうち、一方の圧電体層の前記走査方向に直交するスライス方向の略中心における厚さが、他方の圧電体層の前記走査方向に直交するスライス方向の略中心における厚さの 80 ~ 120 % の厚さであることを特徴とする請求項 8 に記載の超音波診断装置。

【請求項 10】

前記少なくとも互いに接する 2 層の圧電体層のうち、一方の圧電体層は、前記走査方向に直交するスライス方向の端部に近づくにつれて徐々に厚さが厚くなり、他方の圧電体層は、前記走査方向に直交するスライス方向の端部に近づくにつれて徐々に厚さが薄くなる

50

ことを特徴とする請求項 8 又は請求項 9 のいずれかに記載の超音波診断装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、超音波の送受信を行う超音波プローブ及び超音波診断装置に関し、超音波画像のスライス厚を均一化し、スライス方向における音場のサイドローブを低減することが可能な超音波プローブ及び超音波診断装置に関する。

【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知られている。このような超音波診断装置は、圧電振動子を備えた超音波プローブにより被検体内に超音波を送信し、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超音波プローブで受信して受信信号を生成する。

【0003】

超音波プローブは、送信信号に基づいて振動して超音波を発生し、反射波を受けて受信信号を生成する圧電振動子を走査方向に複数個、配置している。このような超音波プローブは、上記走査方向に直交する方向（以下、スライス方向と称する）に均一な矩形強度を有する超音波を音響レンズにより遅延差を与えることにより、ある深さで焦点を形成している。

【0004】

従来から、超音波診断装置により収集される画像のスライス厚を均一にし、スライス方向の音場のサイドローブを低減させる試みがなされている。例えば、スライス方向に沿って圧電体に溝を形成し、圧電体の密度分布に重み付けを行う技術が知られている（例えば特許文献 1）。また、中央部よりも端部の電極面積を小さくする技術が知られている（例えば特許文献 2）。また、スライス方向に電氣的に分割した圧電体に複数の送信回路を接続し、各圧電体に印加する駆動電圧に重み付けを行う技術が知られている（例えば特許文献 3）。さらに、圧電体に対して曲面加工を施すことにより、スライス方向に圧電体の厚さを変え、駆動周波数により音圧を制御する技術が知られている（例えば特許文献 4）。

【0005】

【特許文献 1】特開 2003 - 9288 号公報

【特許文献 2】特開平 3 - 195572 号公報

【特許文献 3】特開平 5 - 38335 号公報

【特許文献 4】特開平 7 - 107595 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、上記特許文献 1 に記載の超音波プローブにおいては、スライス方向に沿って圧電体を疎密な状態にするため、また、上記特許文献 2 に記載の超音波プローブにおいては、電極の面積を小さくするため、圧電体の実効的な素子面積が小さくなるとともに、素子の静電容量が小さくなってしまい、そのことにより、超音波プローブのインピーダンスが高くなってしまい、超音波診断装置本体との電氣的インピーダンスの整合が悪くなり、感度が低下する問題があった。

【0007】

また、上記特許文献 3 に記載の超音波プローブにおいては、超音波プローブ及び回路の構造が複雑になるため、超音波診断装置の信頼性の低下、製造工程数の増加、製造コストの増加を招いてしまうおそれがあった。

【0008】

さらに、上記特許文献 4 に記載の超音波プローブにおいては、圧電体に対して曲面加工を施すのみならず、その圧電体に積層される音響整合層に対しても曲面加工を施す必要が

10

20

30

40

50

あるため、製造工数が増加する問題があった。

【 0 0 0 9 】

また、特許文献 1 及び特許文献 3 に記載の超音波プローブにおいては、スライス方向における超音波の音圧の重み付けを段階的にしか付けられないため、その段階の間隔が広いとグレーティングロブが発生してしまう問題もあった。

【 0 0 1 0 】

この発明は上記の問題点を解決するものであり、超音波プローブの製造性及び高感度を確保した上で、超音波画像のスライス厚を均一にし、サイドローブを低減することが可能な超音波プローブ及びそれを備えた超音波診断装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 1 】

請求項 1 記載の発明は、上面及び下面に電極が設けられ、電圧が印加されることで超音波を送信し、また、超音波を受信する圧電振動子部を備えた超音波プローブであって、前記圧電振動子部は、複数の圧電体が走査方向に配列された圧電体層が電極を介して複数層積層され、前記複数の圧電体層のうち少なくとも互いに接する 2 層の圧電体層の厚さが、前記走査方向に直交するスライス方向に徐々に変化していることを特徴とする超音波プローブである。

【 0 0 1 2 】

請求項 2 に記載の発明は、請求項 1 に記載の超音波プローブであって、前記少なくとも互いに接する 2 層の圧電体層の前記走査方向に直交するスライス方向の略中心における厚さがほぼ等しいことを特徴するものである。

【 0 0 1 3 】

請求項 3 に記載の発明は、請求項 1 に記載の超音波プローブであって、前記少なくとも互いに接する 2 層の圧電体層のうち、一方の圧電体層の前記走査方向に直交するスライス方向の略中心における厚さが、他方の圧電体層の前記走査方向に直交するスライス方向の略中心における厚さの 80 ~ 120 % の厚さであることを特徴とするものである。

【 0 0 1 4 】

請求項 4 に記載の発明は、請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載の超音波プローブであって、前記少なくとも互いに接する 2 層の圧電体層のうち、一方の圧電体層は、前記走査方向に直交するスライス方向の端部に近づくにつれて徐々に厚さが厚くなり、他方の圧電体層は、前記走査方向に直交するスライス方向の端部に近づくにつれて徐々に厚さが薄くなることを特徴とするものである。

【 0 0 1 5 】

請求項 5 に記載の発明は、請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載の超音波プローブであって、前記少なくとも互いに接する 2 層の圧電体層は、他方の圧電体層と接している面が曲線状に形成されていることを特徴とするものである。

【 0 0 1 6 】

請求項 6 に記載の発明は、請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載の超音波プローブであって、前記少なくとも互いに接する 2 層の圧電体層のうち、一方の圧電体層の一方の面が凸面状に形成され、他方の圧電体層の一方の面が凹面状に形成され、前記凸面状に形成された面と前記凹面状に形成された面とが嵌合していることを特徴とするものである。

【 0 0 1 7 】

請求項 7 に記載の発明は、請求項 1 から請求項 6 のいずれかに記載の超音波プローブであって、前記圧電振動子部の上面及び下面は、平面状に形成されていることを特徴とするものである。

【 0 0 1 8 】

請求項 8 に記載の発明は、複数の圧電体が走査方向に配列された圧電体層が電極を介して複数層積層された圧電振動子部を有し、前記複数の圧電体層のうち少なくとも互いに接する 2 層の圧電体層の厚さが、前記走査方向に直交するスライス方向に徐々に変化している超音波プローブと、前記超音波プローブにより被検体に対して超音波を送受信させる送

10

20

30

40

50

受信手段と、前記送受信手段が受信した前記被検体からの反射波に基づいて超音波画像を生成する画像生成手段と、を有することを特徴とする超音波診断装置である。

【発明の効果】

【0019】

この発明によると、圧電体層の厚さを走査方向に直交する方向（スライス方向）に徐々に変えることにより、スライス方向に超音波の音圧の重みを付けることが可能となる。また、少なくとも2層の圧電体層において、スライス方向のほぼ中心における厚さをほぼ等しくし、スライス方向の端部に近づくにつれて徐々に一方の圧電体層の厚さを厚くし、他方の圧電体層の厚さを薄くすることにより、送受信される超音波のスライス方向の音圧は正ウェイトイングの重み付けがなされ、スライス方向の音場のサイドローブを低減し、深さ方向に均一の音場を形成することが可能となる。

10

【0020】

また、この発明によると、複数の圧電体層を積層することで超音波プローブのインピーダンスを下げて、超音波プローブの感度を向上させることが可能となる。特に、各圧電体層の厚さがほぼ等しい部分においては、他の部分に比べて感度を最も大きくすることが可能となる。

【0021】

また、圧電体層の厚さをスライス方向に徐々に変化させることにより、音圧分布をスライス方向に連続的に変化させることが可能となる。そのことにより、アーチファクトのグレーティングロブを低減して、均一でアーチファクトの少ないスライス方向の音場を実現することが可能となる。

20

【0022】

さらに、圧電振動子部の上面及び下面が平面状に形成されているため、その圧電振動子部に積層すべき音響整合層など設けた場合であっても、音響整合層などに対して曲面加工を施す必要がない。そのことにより、製造工程が複雑にならず、また、製造コストを上げずにこの発明の超音波プローブを製造することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

この発明の実施形態に係る超音波プローブ及び超音波診断装置について、図1乃至図7を参照しつつ説明する。

30

【0024】

[第1の実施の形態]

この発明の第1の実施形態に係る超音波プローブの構成について図1及び図2を参照しつつ説明する。図1は、この発明の第1の実施形態に係る超音波プローブの概略構成を示す斜視図である。図2は、この発明の第1の実施形態に係る超音波プローブの概略構成を示す断面側面図である。超音波プローブはヘッド側とケーブル側とからなり、図1及び図2には超音波プローブのヘッド側が示されている。

【0025】

図1及び図2に示すように、超音波プローブ1は、背面材2の上に圧電振動子部3が設けられている。この実施形態における圧電振動子部3は、2層の圧電体層を備えて構成され、それら2層の圧電体層が積層している。圧電振動子部3の上には、音響整合層4が設けられている。音響整合層4は、第1の音響整合層4a、第2の音響整合層4b、及び第3の音響整合層4cを備えて構成され、それら音響整合層がその順番で積層している。圧電振動子部3及び音響整合層4は、走査方向に複数に分割されて配列されている。さらに、音響整合層4の上には音響レンズ5が設けられている。

40

【0026】

背面材2は、圧電振動子部3から発振された超音波振動や受信時の超音波振動のうち、超音波診断装置の画像抽出にとって必要でない超音波振動成分を減衰吸収する。背面材2には、一般的に、フェライトゴム、エポキシ樹脂又はウレタンゴムなどにマイクロバルーンなどを混入した材料が用いられる。

50

【 0 0 2 7 】

圧電振動子部 3 は、複数の圧電体層が積層して構成されている。第 1 の実施形態においては、第 1 の圧電体層 3 a の上に第 2 の圧電体層 3 b が積層され、2 層の圧電体層により圧電振動子部 3 を構成している。第 1 の圧電体層 3 a 及び第 2 の圧電体層 3 b は、走査方向に複数に分割されて配列されている。この第 1 の実施形態では、2 層の圧電体層が積層されている例について説明するが、この発明は 2 層に限定されず、3 層以上の圧電体層が積層されていても良い。3 層の圧電体層が積層されている例については、後述する変形例で説明する。

【 0 0 2 8 】

図 1 及び図 2 に示すように、第 1 の圧電体層 3 a の下面（背面材 2 と接する面）は平面になっており、その下面の反対の面である上面（第 2 の圧電体層 3 b と接する面）は曲面になっている。具体的には、第 1 の圧電体層 3 a の上面は凹面となっている。つまり、第 1 の圧電体層 3 a は、スライス方向（走査方向に直交する方向）の中心 O が最も薄く形成され、スライス方向の端部に近づくにつれて徐々にその厚さが厚くなるように形成されている。

10

【 0 0 2 9 】

また、第 2 の圧電体層 3 b の上面（音響整合層 4 と接する面）は平面となっており、その上面の反対の面である下面（第 1 の圧電体層 3 a と接する面）は曲面となっている。具体的には、第 2 の圧電体層 3 b の下面は凸面となっている。つまり、第 2 の圧電体層 3 b は、スライス方向の中心 O 付近が最も厚く形成され、スライス方向の端部に近づくにつれて徐々にその厚さが薄くなるように形成されている。

20

【 0 0 3 0 】

上面が凹面の第 1 の圧電体層 3 a と、下面が凸面の第 2 の圧電体層 3 b とは、凹面に凸面が嵌ることによって嵌合している。つまり、第 1 の圧電体層 3 a の上面の形状と、第 2 の圧電体層 3 b の下面の形状とは、両方とも曲面状となっており、その曲面の形状が略一致し、凹面上に形成された第 1 の圧電体層 3 a の上面に、凸面状に形成された第 2 の圧電体層 3 b の下面が嵌め込まれることにより、第 1 の圧電体層 3 a と第 2 の圧電体層 3 b とが嵌合している。

【 0 0 3 1 】

そして、第 1 の圧電体層 3 a の厚さと、第 2 の圧電体層 3 b の厚さは、スライス方向に沿って変化している。つまり、第 1 の圧電体層 3 a は上面が凹面状に形成され、下面が平面となっているため、スライス方向の中心 O 付近の厚さが最も薄く、スライス方向に沿って端部に近づくほど徐々に厚さが厚くなっている。一方、第 2 の圧電体層 3 b は下面が凸面状に形成され、上面が平面となっているため、スライス方向の中心 O 付近の厚さが最も厚く、スライス方向に沿って端部に近づくほど徐々に厚さが薄くなっている。

30

【 0 0 3 2 】

また、圧電振動子部 3 の全体の厚さは、中央 O 付近であっても、端部であっても変わらず、一定である。つまり、下面が平面状に形成され、上面が凹面状に形成された第 1 の圧電体層 3 a と、上面が平面状に形成され、下面が凸面状に形成された第 2 の圧電体層 3 b とが積層することにより、第 1 の圧電体層 3 a の下面と第 2 の圧電体層 3 b の上面は平行な状態となり、圧電振動子部 3 の全体の厚さは一定となる。

40

【 0 0 3 3 】

ここで、図 2 に示すように圧電振動子部 3 の全体の厚さを厚さ T とする。この第 1 の実施形態においては、第 1 の圧電体層 3 a のスライス方向の中央 O における厚さは $(T / 2)$ となっており、また、第 2 の圧電体層 3 b のスライス方向の中央 O における厚さも $(T / 2)$ となっている。つまり、スライス方向の中央 O においては、第 1 の圧電体層 3 a と第 2 の圧電体層 3 b の厚さは等しくなっている。

【 0 0 3 4 】

そして、第 1 の圧電体層 3 a は、スライス方向の中央 O からスライス方向の端部に近づくほど徐々に厚さが $(T / 2)$ から厚くなるように形成されている。一方、第 2 の圧電体

50

層 3 b は、スライス方向の中央 O からスライス方向の端部に近づくほど徐々に厚さが ($T/2$) から薄くなるように形成されている。また、第 1 の圧電体層 3 a と第 2 の圧電体層 3 b とを積層してなる圧電振動子部 3 の厚さは、中心 O であっても端部であっても、等しく厚さ T となっている。

【0035】

なお、この第 1 の実施形態においては、スライス方向の中央 O における第 1 の圧電体層 3 a の厚さと第 2 の圧電体層 3 b の厚さとを等しく ($T/2$) としたが、両層の厚さが完全に一致している必要はない。いずれかの圧電体層の厚さが他方の圧電体層の厚さの 80% ~ 120% の厚さとなっても、この実施形態に係る超音波プローブ 1 の作用及び効果を奏することが可能である。

10

【0036】

例えば、第 1 の圧電体層 3 a のスライス方向の中央 O における厚さを厚さ t とした場合、第 2 の圧電体層 3 b のスライス方向の中央 O における厚さが、 $0.8t \sim 1.2t$ の間にあれば、この実施形態に係る超音波プローブの作用及び効果を奏することが可能である。逆に、第 2 の圧電体層 3 b のスライス方向の中央 O における厚さを厚さ t とした場合、第 1 の圧電体層 3 a のスライス方向の中央 O における厚さが、 $0.8t \sim 1.2t$ の間にあれば、この実施形態に係る超音波プローブの作用及び効果を奏することが可能である。

【0037】

第 1 の圧電体層 3 a と第 2 の圧電体層 3 b は、例えばチタン酸ジルコン酸鉛 $Pb(Zr, Ti)O_3$ 、ニオブ酸リチウム ($LiNbO_3$)、チタン酸バリウム ($BaTiO_3$) 又はチタン酸鉛 ($PbTiO_3$) などのセラミック材料からなる。

20

【0038】

また、図 2 に示すように、圧電振動子部 3 の上下面に電極 6 a、6 c が接続され、第 1 の圧電体層 3 a と第 2 の圧電体層 3 b との間には電極 6 b が接続されている。電極 6 a、6 c は GND に接続され、電極 6 b に電圧が印加される。これにより、電極 6 a、第 1 の圧電体層 3 a 及び電極 6 b で構成される部分と、電極 6 b、第 2 の圧電体層 3 b 及び電極 6 c で構成される部分とは、並列接続を構成することになる。

【0039】

上述したように、第 1 の圧電体層 3 a の上面が凹面となっており、第 2 の圧電体層 3 b の下面が凸面となっているため、第 1 の圧電体層 3 a と第 2 の圧電体層 3 b との間に設置されている電極 6 b は、第 1 の圧電体層 3 a の上面 (凹面) と第 2 の圧電体層 3 b の下面 (凸面) に嵌るように、曲面状となっている。一方、第 1 の圧電体層 3 a の下面は平面となっているため、電極 6 a は平面状となっている。同様に、第 2 の圧電体層 3 b の上面は平面となっているため、電極 6 c は平面状となっている。

30

【0040】

音響整合層 4 は、エポキシ樹脂やプラスチック材などが用いられている。音響整合層は、圧電振動子部 3 の音響インピーダンスと被検体の音響インピーダンスとの音響整合を良好にするために設けられる。音響整合層は、1 層だけであっても良く、2 層以上設けても良い。この実施形態では 3 層の音響整合層を積層している。例えば、この実施形態のように 3 層の音響整合層を設ける場合、音響整合を良好にするために、第 2 の音響整合層 4 b の音響インピーダンスが第 1 の音響整合層 4 a の音響インピーダンスよりも小さくなるように設計され、第 3 の音響整合層 4 c の音響インピーダンスが第 2 の音響整合層 4 b の音響インピーダンスよりも小さくなるように設計されている。音響整合層を複数の層構造にすることで、音響レンズ 5 とあいまって被検体の体表との音響インピーダンスの差分による信号ロスの発生を抑えている。

40

【0041】

また、送受信する超音波の波長と関係なく、圧電振動子部 3 の音響インピーダンスと被検体の音響インピーダンスとの音響整合をとるために、深さ方向に徐々に音響インピーダンスが小さくなる音響整合層を設けても良い。

【0042】

50

音響レンズ 5 は、被検体の体表面に接触して超音波の送受信の仲介を行なう。この音響レンズ 5 により、体表より所定の深さにスライス方向の音響的な焦点を結ぶ。また、走査方向の音響的な焦点は、走査方向に短冊状に配置された複数の圧電振動子部 3 の送信 / 受信のタイミングを切り替え制御することにより結ばれる。

【 0 0 4 3 】

なお、走査方向に複数に分割された圧電振動子部 3 及び音響整合層 4 の分割溝には、機械的強度を保つためにシリコンゴム、ウレタンゴム又はエポキシ樹脂などの充填剤（図示しない）が充填されている。

【 0 0 4 4 】

（作用）

上記の構成を有する超音波プローブ 1 によると、次のような好適な作用を奏することが可能となる。この発明の第 1 の実施形態に係る超音波プローブ 1 の作用について、図 3 及び図 4 を参照しつつ説明する。図 3 は、この発明の第 1 の実施形態に係る超音波プローブの周波数特性を示すグラフである。図 4 は、この発明の第 1 の実施形態に係る超音波プローブにより超音波を送信又は受信する際に形成される音場分布である。

【 0 0 4 5 】

第 1 の実施形態に係る超音波プローブ 1 によると、（ 1 ）超音波プローブ 1 のインピーダンスを下げて、超音波プローブ 1 の感度を向上させることが可能となる。また、（ 2 ）スライス方向のサイドローブを低減し、深さ方向に均一な音場を実現することが可能となる。また、（ 3 ）グレーティングロブを低減して、均一でアーチファクトの少ない音場を実現することができる。また、（ 4 ）素子の実効面積が減らないため、感度を損なうことなく、スライス方向に音圧分布の重みを付けることができる。さらに、（ 5 ）製造工程が複雑にならず、製造コストを上げずに、上記の作用及び効果を奏することが可能な超音波プローブ 1 を製造することが可能となる。以下、上記（ 1 ）から（ 5 ）の作用及び効果について詳しく説明する。

【 0 0 4 6 】

<（ 1 ）感度の向上について>

第 1 の実施形態に係る超音波プローブ 1 においては、圧電振動子部 3 の全体の厚さを厚さ T とする。これにより、第 1 の圧電体層 3 a のスライス方向の中央 O における厚さは（ $T / 2$ ）となり、第 2 の圧電体層 3 b のスライス方向の中央 O における厚さも（ $T / 2$ ）となる。また、中央 O において、走査方向の長さ L とスライス方向の長さ W とで規定される面積を面積 S とする。ここで、厚さ（ $T / 2$ ）の第 1 の圧電体層 3 a 及び第 2 の圧電体層 3 b のそれぞれの電気容量を電気容量 C_1 とすると、中央 O における電気容量 C_1 は以下の式（ 1 ）で表される。

$$\text{式（ 1 ） 電気容量 } C_1 = \varepsilon \{ S / (T / 2) \}$$

ε は誘電率である。

【 0 0 4 7 】

また、この実施形態においては、電極 6 b を介して第 1 の圧電体層 3 a と第 2 の圧電体層 3 b とが積層されているため、圧電体層同士の接続は並列接続に相当する。従って、圧電振動子部 3 の中央 O の電気容量を電気容量 C_2 とすると、電気容量 C_2 は以下の式（ 2 ）で表される。

$$\text{式（ 2 ） } C_2 = 2 \times C_1 = 2 \times \varepsilon \{ S / (T / 2) \} = 4 \times \varepsilon (S / T) = 4 \times C_0$$

ここで、電気容量 C_0 は、厚さ T の 1 層からなる圧電体の電気容量である。

【 0 0 4 8 】

上記式（ 2 ）に表されるように、圧電振動子部 3 の中央 O における電気容量は、厚さ T の 1 層からなる圧電体の 4 倍（ $= 2^2$ 倍）の電気容量になる。これは、電極 6 b を介して厚さ（ $T / 2$ ）の圧電体層を積層して、並列接続としているからである。

【 0 0 4 9 】

このように電極を介して圧電体層を積層することにより電気容量を大きくすることができ、超音波プローブのインピーダンスを下げることができ、超音波プローブの感度

10

20

30

40

50

を向上させることが可能となる。

【 0 0 5 0 】

また、この第 1 の実施形態においては、2 層の圧電体層が積層された例について説明したが、3 層以上の圧電体層が積層された圧電振動子部を用いても良い。n 層の圧電体層が積層されて、各圧電体層の厚さが等しい部分の電気容量は、厚さ T の 1 層からなる圧電体の電気容量の n^2 倍になる。このように、2 層以上の圧電体層を積層した場合、各圧電体層の厚さが等しい部分では電気容量が大きくなるため、超音波プローブのインピーダンスを下げて感度を向上させることが可能となる。なお、3 層の圧電体層が積層された圧電振動子部については、後述する変形例で説明する。

【 0 0 5 1 】

< (2) スライス方向のサイドローブの低減、及び均一な音場について >

複数の圧電体層が積層してなる圧電振動子部の特性は、各圧電体層の厚さが等しい部分の感度が最も高くなり、いずれかの圧電体層の厚さが薄くなる又は厚くなると、その部分における感度が低くなる。この出願に係る発明者は、この原理を利用した。

【 0 0 5 2 】

第 1 の実施形態に係る超音波プローブ 1 では、スライス方向の中央 O における第 1 の圧電体層 3 a の厚さと第 2 の圧電体層 3 b の厚さとが等しく ($T/2$) となるため、中央 O における感度が最も高くなる。一方、超音波の放射面側の圧電体層の厚さ、つまり、第 2 の圧電体層 3 b の厚さが薄くなると、感度が低下する。このとき、共振周波数が高くなるため、高周波に対して感度が高くなる。一般的に、圧電体の共振周波数は圧電体の厚さの逆数の関数で表されるため、圧電体の厚さが薄くなれば共振周波数が高くなるからである。

【 0 0 5 3 】

これは、積層された各圧電体層の厚さが等しい部分においては、各圧電体層の共振点が一致するため感度が最も高くなり、それ以外の部分においては、超音波の放射面側にある圧電体層の振動と他の圧電体層の振動との共振点がずれるため、それが互いに負荷となって感度が低下するためである。

【 0 0 5 4 】

第 1 の実施形態に係る超音波プローブ 1 においては、第 1 の圧電体層 3 a の厚さと第 2 の圧電体層 3 b の厚さが等しい部分 (中心 O) においては、第 1 の圧電体層 3 a の共振点と第 2 の圧電体層 3 b の共振点とが一致するため、感度が最も高くなり、それ以外の部分においては、超音波の放射面側にある圧電体層 (第 2 の圧電体層 3 b) の振動と、他の圧電体層 (第 1 の圧電体層 3 a) の振動との共振点がずれるため、それが互いに負荷となって感度が低くなる。

【 0 0 5 5 】

第 1 の実施形態においては、スライス方向の中心 O においては第 1 の圧電体層 3 a の厚さと第 2 の圧電体層 3 b の厚さを等しくすることにより、中心 O における感度を最も高くし、さらに、スライス方向の端部に近づくほど第 1 の圧電体層 3 a の厚さを厚くし、第 2 の圧電体層 3 b の厚さを薄くすることにより、スライス方向の端部に近づくほど徐々に感度を低くしている。

【 0 0 5 6 】

これにより、スライス方向の中心 O における感度が最も高くなり、スライス方向の端部に近くなるほど徐々に感度が低くなる。このようにスライス方向に音圧分布の重み付けが可能となる。

【 0 0 5 7 】

ここで、超音波プローブ 1 の感度について図 3 を参照しつつ説明する。図 3 において、横軸が送受信される超音波の周波数 [MHz] を示し、縦軸が送受信される超音波の強度 [dB] を示している。ここでは、第 1 の圧電体層 3 a 及び第 2 の圧電体層 3 b とともに PZT を使用し、圧電振動子部 3 の全体の厚さ T を 480 [μm] としている。従って、スライス方向の中心 O においては、第 1 の圧電体層 3 a の厚さと第 2 の圧電体層 3 b の厚さ

10

20

30

40

50

は、ともに $240 [\mu m]$ となっている。

【0058】

図3(a)は、中央Oにおける超音波プローブ1の周波数特性を示すグラフである。つまり、図3(a)のグラフは、第1の圧電体層3aの厚さと第2の圧電体層3bの厚さが等しい部分(中心O)の周波数特性を示している。図3(a)中、曲線Aが、スライス方向の中央Oにおける超音波プローブ1の周波数特性を表している。

【0059】

また、図3(b)のグラフは、第1の圧電体層3aの厚さが $(2T/3)$ で、第2の圧電体層3bの厚さが $(T/3)$ となる部分の周波数特性を示している。つまり、図3(b)のグラフは、第1の圧電体層3aの厚さと第2の圧電体層3bの厚さとの比が、「2:1」となる部分の周波数特性を表している。図3(b)中、曲線Bが、厚さの比が「2:1」となる部分における超音波プローブ1の周波数特性を表している。

【0060】

また、図3(c)のグラフは、第1の圧電体層3aの厚さが $(5T/6)$ で、第2の圧電体層3bの厚さが $(T/6)$ となる部分の周波数特性を示している。つまり、図3(c)のグラフは、第1の圧電体層3aの厚さと第2の圧電体層3bの厚さとの比が、「5:1」となる部分の周波数特性を示している。図3(c)中、曲線Cが、厚さの比が「5:1」となる部分における超音波プローブ1の周波数特性を表している。

【0061】

図3に示す曲線A、B及びCを比較すると、第1の圧電体層3aの厚さと第2の圧電体層3bの厚さとが等しい部分、つまり、中央Oにおける感度が最も高くなっている。そして、第2の圧電体層3bの厚さが薄くなって、第1の圧電体層3aの厚さと第2の圧電体層3bの厚さとの比が「2:1」となる部分の感度は、図3(b)に示すように、中央Oにおける感度よりも低くなっている。図3(b)には比較のため、中央Oにおける周波数特性も同時に示している。なお、厚さの比が「2:1」となる部分における超音波の中心周波数は、中央Oにおける超音波の中心周波数よりも、比較的高周波となっている。これは、第2の圧電体層3bの厚さが薄くなって共振周波数が高くなるからである。

【0062】

さらに、第2の圧電体層3bの厚さが薄くなって、第1の圧電体層3aの厚さと第2の圧電体層3bの厚さとの比が「5:1」となる部分の感度は、図3(c)に示すように、さらに感度が低くなっている。図3(c)には比較のため、中央Oにおける周波数特性も同時に示している。

【0063】

以上のように、圧電体層の厚さをスライス方向に変えることにより、スライス方向に音圧の重みを付けることが可能となる。この実施形態に係る圧電振動子部3の構成によると、スライス方向の中央Oにおける感度が最も高くなり、スライス方向の中央Oからスライス方向の端部に近づくほど徐々に感度が低くなる。これにより、送受信される音場はスライス方向に正ウェイトイングとなるため、スライス方向における音場のサイドローブを低減し、深さ方向に均一の音場を形成することが可能となる。

【0064】

ここで、超音波プローブによって送受信される超音波の音場分布を、図4を参照しつつ説明する。図4(a)は、第1の実施形態に係る超音波プローブ1によって送受信される超音波の音場分布である。図4(b)は、従来技術に係る超音波プローブによって送受信される超音波の音場分布である。なお、従来技術に係る超音波プローブは、厚さTの1層の圧電体層を備え、矩形状の音圧分布を有する超音波の送受信を行うものとする。図4において、横軸は超音波プローブの先端からの深さ方向の距離を示し、縦軸は超音波プローブのスライス方向の距離を示している。スライス方向の中心Oを、 $0 [mm]$ としている。

【0065】

図4には、強度が $-3 [dB]$ から $-20 [dB]$ の超音波の音場分布を示している。

第 1 の実施形態に係る超音波プローブ 1 によると、スライス方向の音場は正ウェイティングの重みが付けられているため、図 4 (a) に示すように、従来技術と比べてスライス方向のサイドローブが低減し、メインローブが絞れた音場が得られ、深さ方向に均一な音場が得られる。

【 0 0 6 6 】

< (3) グレーティングロブの低減について >

この実施形態に係る超音波プローブ 1 では、第 1 の圧電体層 3 a の上面を曲面状である凹面にし、第 2 の圧電体層 3 b の下面を曲面状である凸面としているため、第 1 の圧電体層 3 a 及び第 2 の圧電体層 3 b の厚さをスライス方向に連続的に変化させていることになる。これにより、超音波の音圧分布をスライス方向に連続的に変えることが可能となる。そのことにより、グレーティングロブを低減して、均一でアーチファクトの少ないスライス方向の音場を実現することができる。

10

【 0 0 6 7 】

一方、圧電体層の厚さをスライス方向に段階的に変化させると、グレーティングロブが発生してしまう。これに対して、この実施形態における超音波プローブ 1 では、圧電体層の厚さがスライス方向に連続的に変化しているため、グレーティングロブを低減することが可能となり、均一でアーチファクトの少ない音場を実現することが可能となる。

【 0 0 6 8 】

< (4) 素子の実効面積について >

さらに、第 1 の実施形態に係る超音波プローブ 1 では、音圧分布に重みを付けるために、従来技術に係る超音波プローブのように、電極の面積を減らしたり、圧電体にスライス方向に溝を形成したりする必要がない。従って、素子の実効面積を減らすことなく、音圧分布にスライス方向に重みを付けることが可能となる。そして、素子の実効面積が減少しないため、超音波プローブ 1 と超音波診断装置本体とのインピーダンスのマッチングを劣化させることがない。その結果、感度が低減することなくスライス方向に音圧分布の重み付けが可能となる。

20

【 0 0 6 9 】

< (5) 製造工程について >

また、第 1 の実施形態に係る超音波プローブ 1 は、従来技術に係る超音波プローブのような複雑な構成を有していないため、製造工程が複雑にならず、製造コストを上げずに製造することが可能である。つまり、圧電振動子部 3 の上面及び下面が平面状に形成されているため、圧電振動子部 3 に積層する音響整合層 4 及び背面材 2 に対して曲面加工などを施す必要がないため、特別な加工を施さずに、一般的な超音波プローブの製造工程によって第 1 の実施形態に係る超音波プローブ 1 を製造することができる。

30

【 0 0 7 0 】

従って、超音波プローブの製造性を確保しつつ、高感度特性を実現し、さらにスライス方向への音圧分布の重み付けが可能となる。そのことにより、製造性を確保しつつ、超音波画像のスライス厚の均一化、及びスライス方向のサイドローブを低減することが可能となる。また、電気回路の構造が複雑にならず、いわゆる 1 次元超音波プローブに用いられる電気回路を適用することができるため、製造コストを上げずに、上記の (1) から (4) の効果を奏することが可能となる。

40

【 0 0 7 1 】

[第 2 の実施の形態]

次に、この発明の第 2 の実施形態に係る超音波プローブの構成及び作用について図 5 を参照しつつ説明する。図 5 は、この発明の第 2 の実施形態に係る圧電振動子部の概略構成と周波数特性を示す図である。図 5 (a) は、第 2 の実施形態に係る圧電振動子部の概略構成を示す断面側面図であり、図 5 (b) から図 5 (d) は、第 2 の圧電振動子部の周波数特性を示す図である。

【 0 0 7 2 】

第 2 の実施形態に係る超音波プローブは、圧電振動子部の構成が第 1 の実施形態に係る

50

圧電振動子部 3 の構成と異なる。第 1 の実施形態に係る超音波プローブにおいては、第 1 の圧電体層 3 a の上面が凹面状に形成され、第 2 の圧電体層 3 b の下面が凸面状に形成されている。これに対して、第 2 の実施形態に係る超音波プローブにおいては、第 1 の実施形態に係る圧電振動子部 3 の構成と逆の構成を有している。つまり、第 1 の圧電体層 7 a の上面が凸面状に形成され、第 2 の圧電体層 7 b の下面が凹面状に形成されている。以下、第 2 の実施形態に係る超音波プローブにおける圧電振動子部の構成について詳しく説明する。

【 0 0 7 3 】

図 5 (a) に示すように、第 1 の圧電体層 7 a の下面 (背面材 2 と接する面) は平面となっており、その下面の反対の面である上面 (第 2 の圧電体層 7 b と接する面) は曲面状に形成され、凸面となっている。つまり、第 1 の圧電体層 7 a は、スライス方向の中央 O が最も厚く形成され、スライス方向の端部に近づくにつれて徐々にその厚さが薄くなるように形成されている。

10

【 0 0 7 4 】

また、第 2 の圧電体層 7 b の上面 (音響整合層 4 と接する面) は平面となっており、その上面の反対の面である下面 (第 1 の圧電体層 7 a と接する面) は曲面状に形成され、凹面となっている。つまり、第 2 の圧電体層 7 b は、スライス方向の中央 O が最も薄く形成され、スライス方向の端部に近づくにつれて徐々にその厚さが厚くなるように形成されている。

20

【 0 0 7 5 】

上面が凸面の第 1 の圧電体層 7 a と、下面が凹面の第 2 の圧電体層 7 b とは、凹面に凸面が嵌ることによって嵌合している。つまり、第 1 の圧電体層 7 a の上面の形状と、第 2 の圧電体層 7 b の下面の形状とは、両方とも曲面状となっており、その曲面の形状が略一致し、凹面状に形成された第 2 の圧電体層 7 b の下面に、凸面状に形成された第 1 の圧電体層 7 a の上面が嵌め込まれることにより、第 1 の圧電体層 7 a と第 2 の圧電体層 7 b とが嵌合している。

【 0 0 7 6 】

そして、第 1 の圧電体層 7 a の厚さと第 2 の圧電体層 7 b の厚さは、スライス方向に沿って変化している。つまり、第 1 の圧電体層 7 a は上面が凸面状に形成され、下面が平面となっているため、スライス方向の中心 O 付近の厚さが最も厚く、スライス方向に沿って端部に近づくほど徐々に厚さが薄くなっている。一方、第 2 の圧電体層 7 b は下面が凹面状に形成され、上面が平面となっているため、スライス方向の中心 O 付近の厚さが最も薄く、スライス方向に沿って端部に近づくほど徐々に厚さが厚くなっている。

30

【 0 0 7 7 】

また、圧電振動子部 7 の全体の厚さは、中心 O 付近であっても、端部であっても変わらず、一定である。つまり、下面が平面状に形成され、上面が凸面状に形成された第 1 の圧電体層 7 a と、上面が平面状に形成され、下面が凹面状に形成された第 2 の圧電体層 7 b とが積層することにより、第 1 の圧電体層 7 a の下面と第 2 の圧電体層 7 b の下面は平行な状態となり、圧電振動子部 7 の全体の厚さは一定となる。

40

【 0 0 7 8 】

ここで、圧電振動子部 7 の全体の厚さを厚さ T とする。この第 2 の実施形態においては、第 1 の圧電体層 7 a のスライス方向の中心 O における厚さは $(T / 2)$ となっており、また、第 2 の圧電体層 7 b のスライス方向の中心 O における厚さも $(T / 2)$ となっている。つまり、スライス方向の中心 O においては、第 1 の圧電体層 7 a と第 2 の圧電体層 7 b の厚さは等しくなっている。

【 0 0 7 9 】

そして、第 1 の圧電体層 7 a は、スライス方向の中心 O からスライス方向の端部に近づくほど徐々に厚さが $(T / 2)$ から薄くなるように形成されている。一方、第 2 の圧電体層 7 b は、スライス方向の中心 O からスライス方向の端部に近づくほど徐々に厚さが $(T / 2)$ から厚くなるように形成されている。また、第 1 の圧電体層 7 a と第 2 の圧電体層

50

7 b とを積層してなる圧電振動子部 7 の厚さは、中心 O であっても端部であっても、等しく厚さ T となっている。

【0080】

なお、上述した第 1 の実施形態と同様に、スライス方向の中央 O における第 1 の圧電体層 7 a の厚さと第 2 の圧電体層 7 b の厚さとは、完全に一致しなくても良く、いずれかの圧電体層の厚さが他方の圧電体層の厚さの 80 % ~ 120 % の厚さとなっても、この実施形態に係る超音波プローブの作用及び効果を奏することが可能である。

【0081】

(作用)

上記の構成を有する超音波プローブによると、第 1 の実施形態に係る超音波プローブと同様に、上記 (1) から (5) で説明した作用及び効果を奏することが可能となる。

10

【0082】

第 1 の実施形態と同様に、圧電振動子部 7 の中央 O における電気容量は、厚さ T の 1 層からなる圧電体の 4 倍の電気容量になる。これにより、超音波プローブのインピーダンスを下げることができ、超音波プローブの感度を向上させることが可能となる。

【0083】

また、第 1 の実施形態と同様に、スライス方向の中央 O における第 1 の圧電体層 7 a の厚さと第 2 の圧電体層 7 b の厚さとが等しく ($T/2$) となるため、中央 O における感度が最も高くなる。一方、超音波の放射面側の圧電体層の厚さ、つまり、第 2 の圧電体層 7 b の厚さが厚くなると、感度が低下する。このとき、共振周波数が低くなるため、低周波に対して感度が高くなる。上述したように、圧電体の共振周波数は、圧電体の厚さの逆数の関数で表されるため、圧電体の厚さが厚くなれば共振周波数が低くなるからである。

20

【0084】

第 2 の実施形態に係る超音波プローブにおいては、第 1 の圧電体層 7 a の厚さと第 2 の圧電体層 7 b の厚さが等しい部分 (中央 O) においては、第 1 の圧電体層 7 a の共振点と第 2 の圧電体層 7 b の共振点とが一致するため、感度が最も高くなり、それ以外の部分においては、超音波の放射面側にある圧電体層 (第 2 の圧電体層 7 b) の振動と、他の圧電体層 (第 2 の圧電体層 7 b) の振動との共振点がずれるため、それが互いに負荷となって感度が低くなる。

【0085】

30

第 2 の実施形態に係る超音波プローブ 1 においては、スライス方向の中心 O においては第 1 の圧電体層 7 a の厚さと第 2 の圧電体層 7 b の厚さを等しくすることにより、中心 O における感度を最も高くし、さらに、スライス方向の端部に近づくほど第 1 の圧電体層 7 a の厚さを薄くし、第 2 の圧電体層 7 b の厚さを厚くすることにより、スライス方向の端部に近づくほど徐々に感度を低くしている。

【0086】

これにより、スライス方向の中心 O における感度が最も高くなり、スライス方向の端部に近づくほど徐々に感度が低くなる。このように、スライス方向に音圧分布の重み付けが可能となる。

【0087】

40

ここで、第 2 の実施形態に係る超音波プローブの感度について図 5 (b)、(c) 及び (d) を参照しつつ説明する。図 5 (b)、(c) 及び (d) において、横軸が送受信される超音波の周波数 [MHz] を示し、縦軸が送受信される超音波の強度 [dB] を示している。ここでは、第 1 の圧電体層 7 a 及び第 2 の圧電体層 7 b とともに PZT を使用し、圧電振動子部 7 の全体の厚さ T を 480 [μm] としている。従って、スライス方向の中心 O においては、第 1 の圧電体層 7 a の厚さと第 2 の圧電体層 7 b の厚さは、ともに 240 [μm] となっている。

【0088】

図 5 (b) は、スライス方向の中央 O における超音波プローブの周波数特性を示すグラフである。つまり、図 5 (b) のグラフは、第 1 の圧電体層 7 a の厚さと第 2 の圧電体層

50

7 bの厚さが等しい部分の周波数特性を示している。図5 (b) 中、曲線Dが、スライス方向の中央Oにおける超音波プローブの周波数特性を表している。

【0089】

また、図5 (c) のグラフは、第1の圧電体層7 aの厚さが $(T/3)$ で、第2の圧電体層7 bの厚さが $(2T/3)$ となる部分の周波数特性を示している。つまり、図5 (b) のグラフは、第1の圧電体層7 aの厚さと第2の圧電体層7 bの厚さとの比が、「1 : 2」となる部分の周波数特性を表している。図5 (c) 中、曲線Eが、厚さの比が「1 : 2」となる部分における超音波プローブの周波数特性を表している。

【0090】

また、図5 (d) のグラフは、第1の圧電体層7 aの厚さが $(T/6)$ で、第2の圧電体層7 bの厚さが $(5T/6)$ となる部分の周波数特性を示している。つまり、図5 (d) のグラフは、第1の圧電体層7 aの厚さと第2の圧電体層7 bの厚さとの比が、「1 : 5」となる部分の周波数特性を示している。図5 (d) 中、曲線Fが、厚さの比が「1 : 5」となる部分における超音波プローブの周波数特性を表している。

【0091】

図5に示す曲線D、E及びFを比較すると、第1の圧電体層7 aの厚さと第2の圧電体層7 bの厚さとが等しい部分、つまり、スライス方向の中央Oにおける感度が最も高くなっている。そして、第1の圧電体層7 aの厚さが薄くなって、第1の圧電体層7 aの厚さと第2の圧電体層7 bの厚さとの比が「1 : 2」となる部分の感度は、図5 (c) に示すように、中央Oにおける感度よりも低くなっている。図5 (c) には比較のため、中央Oにおける周波数特性も同時に示している。なお、厚さの比が「1 : 2」となる部分における超音波の中心周波数は、中心Oにおける超音波の中心周波数よりも、比較的低周波となっている。これは、第2の圧電体層7 bの厚さが厚くなって共振周波数が低くなるからである。

【0092】

さらに、第1の圧電体層7 aの厚さが薄くなって、第1の圧電体層7 aの厚さと第2の圧電体層7 bの厚さとの比が「1 : 5」となる部分の感度は、図5 (d) に示すように、さらに感度が低くなっている。図5 (d) には比較のため、中央Oにおける周波数特性も同時に示している。

【0093】

以上のように、圧電体層の厚さをスライス方向に変えることにより、スライス方向の音場の重み付けが可能となる。この実施形態に係る圧電振動子部7の構成によると、スライス方向の中央Oにおける感度が最も高くなり、スライス方向の中央Oからスライス方向の端部に近づくほど感度が低くなる。これにより、送受信される音場はスライス方向に正ウェイトイングとなるため、スライス方向における音場のサイドローブが低減し、深さ方向に均一の音場が形成される。

【0094】

また、第1の実施形態と同様に、第1の圧電体層7 a及び第2の圧電体層7 bの厚さをスライス方向に連続的に変化させているため、超音波の音圧分布をスライス方向に連続的に変えることが可能となる。そのことにより、グレーティングロブを低減して、均一でアーチファクトの少ないスライス方向の音場を実現することができる。

【0095】

さらに、電極の面積を減らしたり、圧電体にスライス方向に溝を形成したりする必要がないため、素子の実効面積を減らすことなく、音圧分布にスライス方向に重みを付けることが可能となる。素子の実効面積が減少しないため、超音波プローブと超音波診断装置本体とのインピーダンスのマッチングを劣化させることがない。その結果、感度を低減することなくスライス方向に音圧分布の重み付けが可能となる。

【0096】

また、圧電振動子部の上面及び下面は平面状に形成されているため、一般的な超音波プローブと同様の製造工程により製造することが可能となる。従って、超音波プローブの製

10

20

30

40

50

造性を確保しつつ、高感度特性を実現し、超音波画像のスライス厚の均一化、及びスライス方向のサイドローブを低減することが可能となる。

【 0 0 9 7 】

[変形例]

【 0 0 9 8 】

次に、この発明の様々な変形例について図 6 を参照しつつ説明する。図 6 は、この発明の変形例に係る超音波プローブの概略構成を示す断面側面図である。

【 0 0 9 9 】

上述した第 1 及び第 2 の実施形態においては、2 層の圧電体層を積層することにより圧電振動子部を構成したが、この発明は 2 層に限定されず、3 層以上の圧電体層を積層することにより圧電振動子部を構成しても良い。

10

【 0 1 0 0 】

また、上述した第 1 及び第 2 の実施形態においては、第 1 の圧電体層又は第 2 の圧電体層の一面が凹面又は凸面となっていたが、この発明はこれらに限定されない。スライス方向の中央 O において第 1 の圧電体層の厚さと第 2 の圧電体層の厚さとがほぼ等しく、さらに、一方の圧電体層の厚さが、中央 O から端部に向けて徐々に厚くなり、他方の圧電体層の厚さが、中央 O から端部に向けて徐々に薄くなるように形成されていても良い。例えば、第 1 の圧電体層と第 2 の圧電体層との界面の形状が、台形状、ガウス関数で表される形状、又はハミング関数で表される形状などであっても構わない。以下、これらの変形例について説明する。

20

【 0 1 0 1 】

(変形例 1)

まず、変形例 1 として、3 層の圧電体層が積層された超音波プローブについて図 6 (a) を参照しつつ説明する。図 6 (a) に示すように、この変形例 1 に係る圧電振動子部は、第 1 の圧電体層 7 a、第 2 の圧電体層 7 b、及び第 3 の圧電体層 8 を備えて構成されている。ここで、第 1 の圧電体層 7 a と第 2 の圧電体層 7 b は、第 2 の実施形態における圧電振動子部と同じ構成を有している。つまり、第 1 の圧電体層 7 a の上面が凸面となっており、第 2 の圧電体層 7 b の下面が凹面となっている。さらにこの変形例においては、第 3 の圧電体層 8 が設置されている。この第 3 の圧電体層 8 は上面及び下面ともに平面を有し、電極 6 a を介して第 1 の圧電体層 7 a の下に設置されている。この第 3 の圧電体層 8 の厚さは、第 1 の圧電体層 7 a 及び第 2 の圧電体層 7 b のスライス方向の中央 O における厚さと等しくなっている。つまり、スライス方向の中央 O においては、第 1 の圧電体層 7 a の厚さは $(T/3)$ となっており、第 2 の圧電体層 7 b の厚さは $(T/3)$ となっている。そして、第 3 の圧電体層 8 の厚さは、いずれの部分においても $(T/3)$ となっている。

30

【 0 1 0 2 】

また、圧電振動子部の上下面に電極 6 c、6 d が接続され、第 1 の圧電体層 7 a と第 2 の圧電体層 7 b との間には電極 6 b が接続されている。また、第 1 の圧電体層 7 a と第 3 の圧電体層 8 との間には電極 6 a が接続されている。電極 6 a、6 c は GND に接続され、電極 6 b、6 d に電圧が印加される。

40

【 0 1 0 3 】

このように、スライス方向の中央 O においては、全ての圧電体層の厚さが等しくなっている。これにより、スライス方向の中央 O における電気容量は、厚さ T の 1 層の圧電体からなる電気容量の $9 (= 3^2)$ 倍となる。これにより、超音波プローブのインピーダンスを下げることができ、超音波プローブの感度を向上させることが可能となる。

【 0 1 0 4 】

また、スライス方向の中心 O においては第 1 の圧電体層 7 a の厚さと第 2 の圧電体層 7 b の厚さを等しくすることにより、中心 O における感度を最も高くし、さらに、スライス方向の端部に近づくほど第 1 の圧電体層 7 a の厚さを薄くし、第 2 の圧電体層 7 b の厚さを厚くすることにより、スライス方向の端部に近づくほど徐々に感度を低くしている。こ

50

れにより、スライス方向の音場は正ウェイツィングとなるため、スライス方向の音場のサイドローブが低減し、深さ方向に均一の音場が形成される。

【0105】

また、上述した実施形態と同様に、グレーティングロブを低減して、均一でアーチファクトの少ないスライス方向の音場を実現することができる。さらに、素子の実効面積が減少しないため、感度を低減することなくスライス方向に音圧分布の重み付けが可能となる。また、超音波プローブの製造性を確保しつつ、高感度特性を実現し、超音波画像のスライス厚の均一化、及びサイドローブを低減することが可能となる。

【0106】

なお、上述した第1及び第2の実施形態と同様に、スライス方向の中心Oにおける圧電体層の厚さが完全に一致せずに、いずれかの圧電体層の厚さが他の圧電体層の厚さの80%～120%の厚さとなっても、この変形例に係る超音波プローブの作用及び効果を奏することが可能である。

【0107】

(変形例2)

次に、圧電体層の面が凹面又は凸面ではない超音波プローブについて図6(b)及び(c)を参照しつつ説明する。

【0108】

図6(b)に示すように、スライス方向の中央O付近においては、第1の圧電体層9aの上面(第2の圧電体層9bと接する面)は平面状に形成されている。そして、スライス方向の端部に近づくにつれて、直線的に徐々に第1の圧電体層9aの厚さが厚くなっている。一方、スライス方向の中央O付近においては、第2の圧電体層9bの下面(第1の圧電体層9aと接する面)も平面状に形成されている。そして、スライス方向の端部に近づくにつれて、直線的に徐々に第2の圧電体層9bの厚さが薄くなっている。

【0109】

また、圧電振動子部9の上面及び下面は平面状になっており、全体の厚さは、中心Oであっても、端部であっても同じ厚さTとなっている。第1の圧電体層9a及び第2の圧電体層9bの平面状に形成されている部分は、厚さが等しく($T/2$)となっている。

【0110】

上記の構成を有する超音波プローブであっても、圧電振動子部9の中央Oにおける電気容量は、厚さTの1層からなる圧電体の4($=2^2$)倍の電気容量になる。これにより、超音波プローブのインピーダンスを下げることができ、超音波プローブの感度を向上させることが可能となる。

【0111】

また、第1の圧電体層9aと第2の圧電体層9bとが接する面であって、平面状に形成されている部分においては、第1の圧電体層9aの厚さと第2の圧電体層9bの厚さが等しく($T/2$)となるため、その部分における感度が最も高くなる。一方、スライス方向の端部に近づくほど、第1の圧電体層9aの厚さは直線的に厚くなり、第2の圧電体層9bの厚さは直線的に薄くなるため、スライス方向の端部に近づくほど徐々に感度が低くなる。これにより、スライス方向の音場は正ウェイツィングとなるため、スライス方向の音場のサイドローブが低減し、深さ方向に均一の音場が形成される。

【0112】

また、図6(c)に示す圧電振動子部10のように、第1の圧電体層10aと第2の圧電体層10bの界面をガウス関数で表される形状や、ハミング関数で表される形状にしても良い。このような形状にしても、スライス方向の中心O付近においては、第1の圧電体層10aの厚さと第2の圧電体層10bの厚さとをほぼ等しくすることにより、感度を向上させることが可能となる。また、スライス方向の端部に近づくにつれて、第1の圧電体層10aの厚さを徐々に厚くし、第2の圧電体層10bの厚さを徐々に薄くすることにより、スライス方向の中心O付近の感度を最も高くし、スライス方向の端部に近づくにつれて徐々に感度を低くすることができる。これにより、スライス方向に音圧分布の重みを付

10

20

30

40

50

け、スライス方向の音場のサイドローブを低減して、深さ方向に均一の音場を形成することが可能となる。

【 0 1 1 3 】

第 1 の圧電体層と第 2 の圧電体層との界面の形状は、上記の形状以外であっても良い。スライス方向の中心 O 付近の厚さがほぼ等しく、スライス方向の端部に近づくにつれて徐々に一方の圧電体層の厚さが厚くなり、他方の圧電体層の厚さが薄くなるように形成されていれば、この発明の作用及び効果を奏することが可能となる。

【 0 1 1 4 】

[第 3 の実施の形態]

次に、上述した第 1 の実施形態、第 2 の実施形態、又は変形例に係る超音波プローブを備えた超音波診断装置について図 7 を参照しつつ説明する。図 7 は、この発明の第 3 の実施形態に係る超音波診断装置の構成を示すブロック図である。

【 0 1 1 5 】

この超音波診断装置 20 は、主に、超音波プローブ 1、送受信部 21、信号処理部 22、DSC 23、画像処理部 24、表示部 25 及び制御部 26 を備えて構成されている。この超音波診断装置 20 においては超音波プローブ 1 に特徴があり、それ以外の送受信部 21 などは公知のものが用いられる。

【 0 1 1 6 】

超音波プローブ 1 には、上述した第 1 の実施形態に係る超音波プローブ 1 が用いられる。また、第 2 の実施形態に係る超音波プローブ、又は変形例に係る超音波プローブを用いても良い。送受信部 21 は送信部と受信部とからなり、超音波プローブ 1 に電気信号を供給して超音波を発生させるとともに、超音波プローブ 1 が受信したエコー信号を受信する。なお、送受信部 21 がこの発明の「送受信手段」に相当する。

【 0 1 1 7 】

信号処理部 22 は、公知の B モード処理回路、ドブラ処理回路又はカラーモード処理回路を備えている。送受信部 21 から出力されたデータはいずれかの処理回路にて所定の処理を施される。B モード処理回路はエコーの振幅情報の映像化を行い、エコー信号から B モード超音波ラスタデータを生成する。ドブラ処理回路はドブラ偏移周波数成分を取り出し、更に FFT 処理等を施して血流情報を有するデータを生成する。カラーモード処理回路は動いている血流情報の映像化を行い、カラー超音波ラスタデータを生成する。血流情報には、速度、分散、パワー等の情報があり、血流情報は 2 値化情報として得られる。

【 0 1 1 8 】

DSC 23 (Digital Scan Converter) は、直交座標系で表される画像を得るために、超音波ラスタデータを直交座標で表されるデータに変換する (スキャンコンバージョン処理)。例えば、B モード処理回路から出力されたデータに対してスキャンコンバージョン処理が施されると、被検体の組織形状を 2 次元情報として表す断層像データが生成される。画像処理部 24 は各種画像処理を行う。例えば、断層像データからボクセルデータを生成し、更に、ボリュームレンダリング処理を行って 3 次元画像データなどを生成する。なお、信号処理部 22、DSC 23 及び画像処理部 24 がこの発明の「画像生成手段」に相当する。

【 0 1 1 9 】

表示部 25 は液晶ディスプレイなどのモニタからなり、断層像や 3 次元画像などが表示される。制御部 26 は CPU からなり、記憶部 (図示しない) に記憶されている制御プログラムや画像生成プログラムなどを実行することにより各処理部の制御を行う。記憶部は ROM などのメモリやハードディスクなどからなり、画像データ、各種設定条件及びプログラムなどが記憶されている。その他、ジョイスティックなどのポインティングデバイス、スイッチ又は TCS (Touch Command Screen) などの操作部 (図示しない) が備えられ、超音波の送受信条件などに関する各種設定が操作者により入力される。

【 0 1 2 0 】

この発明の実施形態に係る超音波プローブ又は変形例に係る超音波プローブを備えた超音波診断装置 20 によれば、スライス方向の音場のサイドローブを低減することができ、さらに、深さ方向に均一な音場が形成されるため、スライス厚が均一な超音波画像を得ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0121】

【図1】この発明の第1の実施形態に係る超音波プローブの概略構成を示す斜視図である。

【図2】この発明の第1の実施形態に係る超音波プローブの概略構成を示す断面側面図である。

10

【図3】この発明の第1の実施形態に係る超音波プローブの周波数特性を示すグラフである。

【図4】この発明の第1の実施形態に係る超音波プローブにより超音波を送信又は受信する際に形成される音場分布である。

【図5】この発明の第2の実施形態に係る圧電振動子部の概略構成と周波数特性を示す図である。

【図6】この発明の変形例に係る超音波プローブの概略構成を示す断面側面図である。

【図7】この発明の第3の実施形態に係る超音波診断装置の構成を示すブロック図である。

【符号の説明】

20

【0122】

1 超音波プローブ

2 背面材

3、7、9、10 圧電振動子部

3a、7a、9a、10a 第1の圧電体層

3b、7b、9b、10b 第2の圧電体層

4 音響整合層

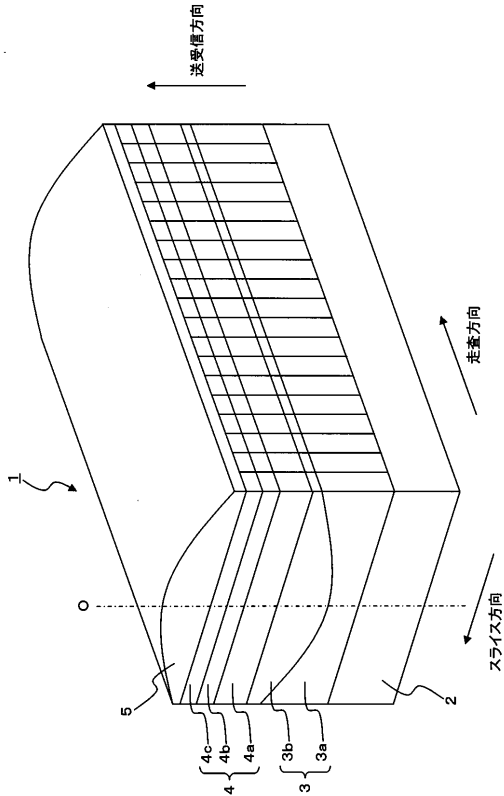
5 音響レンズ

6a、6b、6c、6d 電極

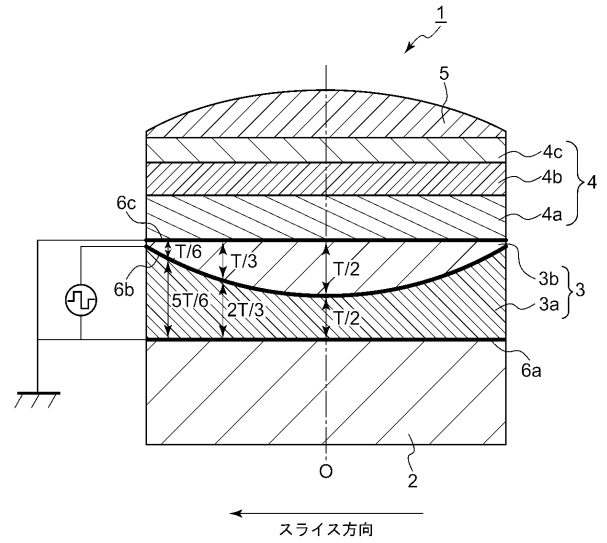
8 第3の圧電体層

30

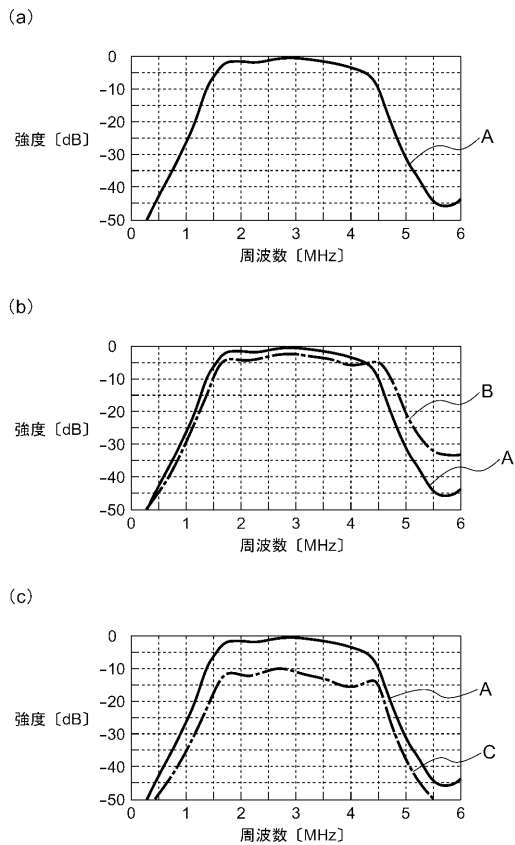
【図 1】



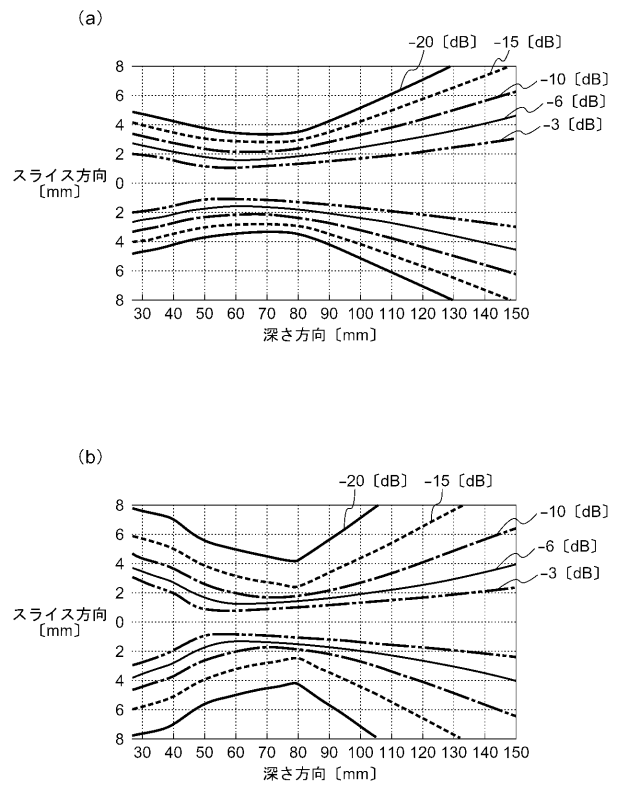
【図 2】



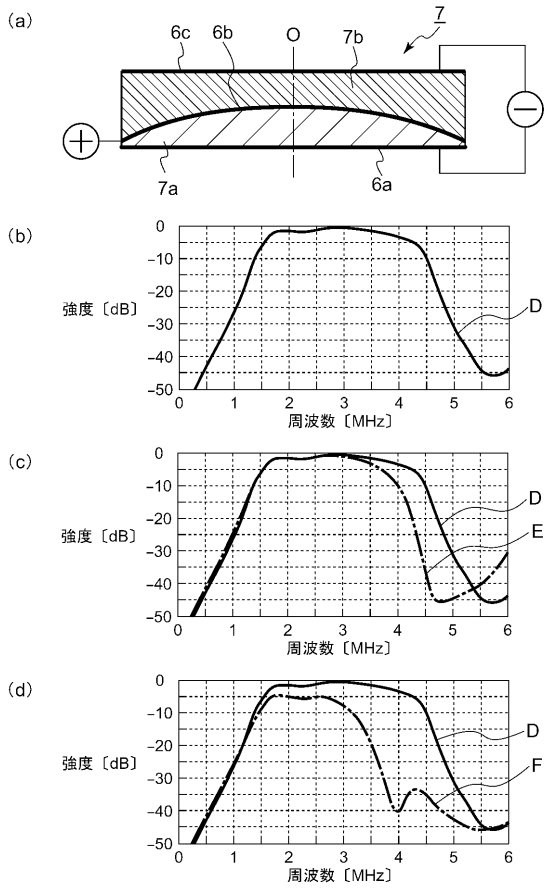
【図 3】



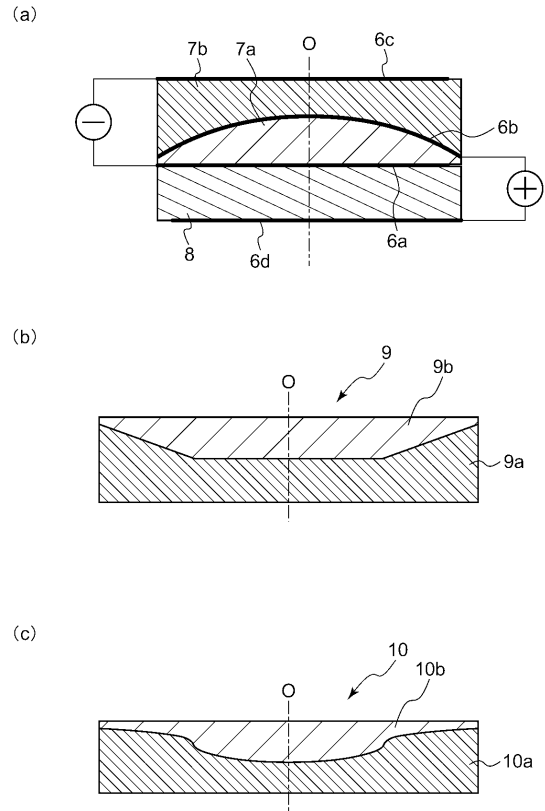
【図 4】



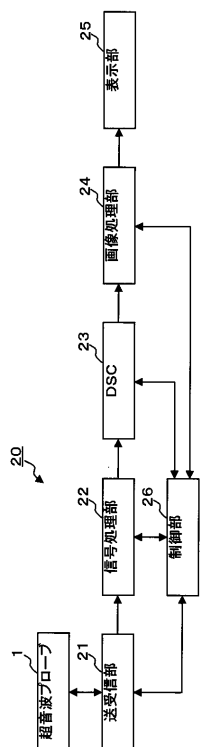
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(72)発明者 武内 俊

栃木県大田原市下石上 1 3 8 5 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 四方 浩之

栃木県大田原市下石上 1 3 8 5 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 芝本 弘一

栃木県大田原市下石上 1 3 8 5 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) 4C601 EE04 GA03 GB04 GB15 GB17 GB28 GB30 GB34 GB41 GB45

GB47 HH25

5D019 BB17 BB25 FF04

专利名称(译)	超声波探头和超声波诊断仪		
公开(公告)号	JP2008066972A	公开(公告)日	2008-03-21
申请号	JP2006241666	申请日	2006-09-06
[标]申请(专利权)人(译)	株式会社东芝 东芝医疗系统株式会社 东芝医疗系统工		
申请(专利权)人(译)	东芝公司 东芝医疗系统有限公司 东芝医疗系统工程有限公司		
[标]发明人	小川隆士 武内俊 四方浩之 芝本弘一		
发明人	小川 隆士 武内 俊 四方 浩之 芝本 弘一		
IPC分类号	H04R17/00 A61B8/00		
FI分类号	H04R17/00.332.B A61B8/00 H04R17/00.330.H		
F-TERM分类号	4C601/EE04 4C601/GA03 4C601/GB04 4C601/GB15 4C601/GB17 4C601/GB28 4C601/GB30 4C601/GB34 4C601/GB41 4C601/GB45 4C601/GB47 4C601/HH25 5D019/BB17 5D019/BB25 5D019/FF04		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供超声波探头，以获得超声波图像的均匀切片厚度，并减少旁瓣，同时确保可制造性和高灵敏度。ŽSOLUTION：在切片方向上靠近中心O，第一压电层3a的厚度几乎等于第二压电层3b的厚度。第一压电层3a的上表面具有凹形形状，而下表面具有扁平形状。第二压电层3b的下表面具有凸起形状，而上表面具有扁平形状。因此，随着中心O的附近在切片方向上靠近边缘部分，可以逐渐降低灵敏度，并且可以发送或接收通过切片方向上的正加权加权的超声波。结果，可以减小切片方向上的旁瓣，可以获得深度方向上的均匀声场，从而可以获得超声图像的均匀切片厚度。Ž

