

(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2007-142555

(P2007-142555A)

(43) 公開日 平成19年6月7日(2007.6.7)

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

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2005-330245 (P2005-330245)	(71) 出願人	000003078
(22) 出願日	平成17年11月15日 (2005.11.15)		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
		(74) 代理人	100058479
			弁理士 鈴江 武彦
		(74) 代理人	100091351
			弁理士 河野 哲
		(74) 代理人	100088683
			弁理士 中村 誠
		(74) 代理人	100108855
			弁理士 蔵田 昌俊

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

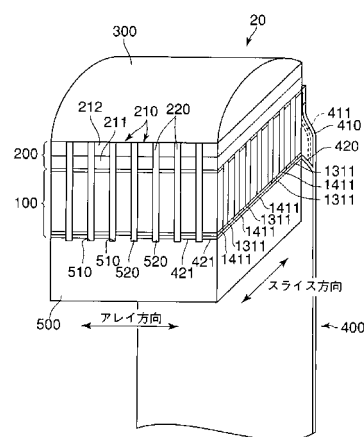
(57) 【要約】

【課題】超音波の送信強度及び受信感度に対する重み付けの設計が簡単化され、スライス方向に対するビーム幅の均一化、及びスライス音場におけるサイドロープの低減を実現できる超音波プローブを提供すること。

【解決手段】超音波振動子ユニット100は、圧電素子ユニット110と信号電極ユニット140との間に、誘電体層ユニット130を備えている。この誘電体層ユニット130は、スライス方向に沿って配設された複数の誘電体層131で構成されていて、それぞれの誘電体層131は、スライス方向に並設された複数の圧電素子111に掛けられる電界の強度に、スライス方向に対する重み付けを行う。

【選択図】図2

図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被検体に対して超音波を送受信する超音波振動子ユニットを備えた超音波プローブにおいて、

前記超音波振動子ユニットは、

互いに直交する第 1 の方向及び第 2 の方向に並設された複数の圧電素子で構成され、それぞれの圧電素子が、前記第 1 の方向及び第 2 の方向と直交する第 3 の方向に対して超音波を送受信する圧電素子ユニットと、

前記圧電素子ユニットの前記第 3 の方向と略直交する二端面にそれぞれ対向配置された複数の第 1 の電極及び第 2 の電極で構成され、それぞれの第 1 の電極及び第 2 の電極が、前記第 2 の方向に並設された複数の圧電素子に電界を掛ける第 1 の電極ユニット及び第 2 の電極ユニットと、

前記圧電素子ユニットと前記第 1 の電極ユニットとの間、もしくは前記圧電素子ユニットと前記第 2 電極ユニットとの間に配設された複数の誘電体層で構成され、それぞれの誘電体層が、前記第 2 の方向に並設された複数の圧電素子に掛けられる電界の強度に、前記第 2 の方向に対する重み付けを行う誘電体層ユニットとを備えていることを特徴とする超音波プローブ。

【請求項 2】

被検体に対して超音波を送受信する超音波振動子ユニットを備えた超音波プローブにおいて、

前記超音波振動子ユニットは、

第 1 の方向に並設された複数の超音波振動子部で構成されていて、

前記各超音波振動子部は、

前記第 1 の方向と直交する第 2 の方向に並設された複数の圧電素子で構成され、それぞれの圧電素子が前記第 1 の方向及び第 2 の方向と直交する第 3 の方向に対して超音波を送受信する圧電部と、

前記圧電部の前記第 3 の方向と略直交する二端面にそれぞれ対向配置され、前記圧電部を構成する複数の圧電素子に電界を掛ける第 1 の電極及び第 2 の電極と、

前記圧電部と前記第 1 の電極との間、もしくは前記圧電部と前記第 2 の電極との間に配置され、前記圧電部を構成する複数の圧電素子に掛けられる電界の強度に、前記第 2 の方向に対する重み付けを行う誘電体層とを備えていることを特徴とする超音波プローブ。

【請求項 3】

前記誘電体層は、前記第 2 の方向に沿って配設された誘電体で構成され、前記誘電体が存在する面積比率は、前記圧電素子ユニットの前記第 2 の方向と略直交する二端面に接近するにつれて大きくなることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載された超音波プローブ。

【請求項 4】

前記誘電体は、樹脂で形成されていることを特徴とする請求項 3 に記載された超音波プローブ。

【請求項 5】

前記誘電体層は、前記第 2 の方向に沿って配設された誘電体で構成され、前記誘電体の厚みは、前記圧電素子ユニットの前記第 2 の方向と略直交する二端面に接近するにつれて厚くなることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載された超音波プローブ。

【請求項 6】

前記誘電体層は、前記第 2 の方向に沿って配設された誘電体で構成され、前記誘電体の比誘電率は、前記圧電素子ユニットの前記第 2 の方向と略直交する二端面に接近するにつれて小さくなることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載された超音波プローブ。

【請求項 7】

被検体に対して超音波を送受信する超音波振動子ユニットを備えた超音波プローブと、前記超音波振動子ユニットに対して電気信号を印加するとともに、前記超音波振動子ユ

10

20

30

40

50

ニットが受信した反射波に基づいて、当該反射波に応じた受信信号を生成する送受信手段と、

前記送受信手段により生成された受信信号に基づいて、前記被検体に関する画像を生成する画像生成手段とを備え、

前記超音波振動子ユニットは、

互いに直交する第 1 の方向及び第 2 の方向に並設された複数の圧電素子で構成され、それぞれの圧電素子が前記第 1 の方向及び第 2 の方向と直交する第 3 の方向に対して超音波を送受信する圧電素子ユニットと、

前記圧電素子ユニットの前記第 3 の方向と略直交する二端面にそれぞれ対向配置された複数の第 1 の電極及び第 2 の電極で構成され、それぞれの第 1 の電極及び第 2 の電極が、前記第 2 の方向に並設された複数の圧電素子に電界を掛ける第 1 の電極ユニット及び第 2 の電極ユニットと、

前記圧電素子ユニットと前記第 1 の電極ユニットとの間、もしくは前記圧電素子ユニットと前記第 2 の電極ユニットとの間に配設された複数の誘電体層で構成され、それぞれの誘電体層が、前記第 2 の方向に並設された複数の圧電素子に掛けられる電界の強度に、前記第 2 の方向に対する重み付けを行う誘電体層ユニットとを備えていることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 8】

被検体に対して超音波を送受信する超音波振動子ユニットを備えた超音波プローブと、

前記超音波振動子ユニットに対して電気信号を印加するとともに、前記超音波振動子ユニットが受信した反射波に基づいて、当該反射波に応じた受信信号を生成する送受信手段と、

前記送受信手段により生成された受信信号に基づいて、前記被検体に関する画像を生成する画像生成手段とを備え、

前記超音波振動子ユニットは、

第 1 の方向に並設された複数の超音波振動子部で構成されていて、

前記各超音波振動子部は、

前記第 1 の方向と直交する第 2 の方向に並設された複数の圧電素子で構成され、それぞれの圧電素子が前記第 1 の方向及び第 2 の方向と直交する第 3 の方向に対して超音波を送受信する圧電部と、

前記圧電部の前記第 3 の方向と略直交する二端面にそれぞれ対向配置され、前記圧電部を構成する複数の圧電素子に電界を掛ける第 1 の電極及び第 2 の電極と、

前記圧電部と前記第 1 の電極との間、もしくは前記圧電部と前記第 2 の電極との間に配置され、前記圧電部を構成する複数の圧電素子に掛けられる電界の強度に、前記第 2 の方向に対する重み付けを行う誘電体層とを備えていることを特徴とする超音波診断装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、送受信される超音波の送信強度及び受信感度に重み付けを行い、スライス方向に対するビーム幅の均一化、及びスライス音場におけるサイドローブの低減を実現する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】

超音波プローブは、対象物内部の画像化等を目的として、対象物に向けて超音波を照射し、対象物内部における音響インピーダンスの異なる界面からの反射波を受信するための装置である。このような超音波プローブが採用される超音波画像装置として、人体の内部を検査するための医用診断装置が知られている。

【0003】

ところで、超音波プローブには、1次元アレイ超音波プローブと呼ばれるものがある。この1次元超音波プローブは、超音波の送受信を実行する超音波振動子ユニットを備えて

10

20

30

40

50

いる。超音波振動子ユニットは、超音波プローブの軸心方向に分極処理がなされた圧電セラミックスからなる直方体型の圧電素子ユニットと、圧電素子ユニットにおける、軸心方向と略直交する二端面にそれぞれ形成される信号電極及び接地電極とから構成される。

【0004】

圧電素子ユニットは、アレイ方向に所定間隔で並設された複数の圧電素子で構成されていて、圧電素子と圧電素子との隙間部分には、圧電素子ユニットの機械的強度を向上させるための非導電性樹脂が充填されている。

【0005】

ところで、前述の1次元超音波プローブにおいて、それぞれの圧電素子に対して同じ大きさの矩形電圧が印加されると、スライス方向に対するビーム幅が不均一になり、またスライス音場におけるサイドローブが増大することがある。 10

【0006】

そのため、近年では当該ビーム幅やサイドローブの問題を解決するために、送受信される超音波の強度に、スライス方向に対する重み付けを行う技術が幾つか開発されている。

【0007】

例えば、それぞれの圧電素子に、スライス方向に対して所定間隔で複数の溝を形成して、溝と溝に挟まれる圧電素子の部分に印加される駆動電圧に重み付けを行う技術が存在する（例えば、特許文献3を参照。）。

【0008】

また、それぞれの圧電素子に、スライス方向に対して間隔を変えながら複数の溝を形成して、圧電素子の存在比率に重み付けを行う技術が存在する（例えば、特許文献2を参照。）。 20

【0009】

さらに、超音波振動子として所謂コンポジット材を使用して、当該コンポジット材を構成する複数の圧電素子に印加される駆動電圧に重み付けをする技術も存在する（例えば、特許文献3を参照。）。

【特許文献1】特開平05 - 23331号公報

【特許文献2】特開2003 - 9288A号公報

【特許文献3】特開平05 - 38335号公報

【発明の開示】 30

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、[特許文献1]～[特許文献3]には、以下のような問題がある。

【0011】

即ち、[特許文献1]に記載された技術は、装置や回路の構成が複雑になり、超音波プローブ及び超音波診断装置の価格が上昇する。

【0012】

[特許文献2]に記載された技術は、スライス方向に並設される複数の圧電素子に形状差が生じるため、それぞれの圧電素子の形状に応じた複数の振動モードが混在して、所望の重み付けを得るための設計が困難になる。 40

【0013】

[特許文献3]に記載された技術は、コンポジット材の使用が前提となっているため、電極の形状と素子の形状との不一致から滑らかな重み付けが実現できない。また、電極がチャンネルごとに必要となるため、アレイピッチの選択が制限される。

【0014】

本発明は、超音波の送信強度及び受信感度に対する重み付けの設計が簡単化され、スライス方向に対するビーム幅の均一化、及びスライス音場におけるサイドローブの低減を実現できる超音波プローブ及び超音波診断装置を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0015】 50

前記課題を解決し目的を達成するために、本発明の超音波プローブ及び超音波診断装置は、次のように構成されている。

【 0 0 1 6 】

(1) 被検体に対して超音波を送受信する超音波振動子ユニットを備えた超音波プローブにおいて、前記超音波振動子ユニットは、互いに直交する第 1 の方向及び第 2 の方向に並設された複数の圧電素子で構成され、それぞれの圧電素子が、前記第 1 の方向及び第 2 の方向と直交する第 3 の方向に対して超音波を送受信する圧電素子ユニットと、前記圧電素子ユニットの前記第 3 の方向と略直交する二端面にそれぞれ対向配置された複数の第 1 の電極及び第 2 の電極で構成され、それぞれの第 1 の電極及び第 2 の電極が、前記第 2 の方向に並設された複数の圧電素子に電界を掛ける第 1 の電極ユニット及び第 2 の電極ユニットと、前記圧電素子ユニットと前記第 1 の電極ユニットとの間、もしくは前記圧電素子ユニットと前記第 2 電極ユニットとの間に配設された複数の誘電体層で構成され、それぞれの誘電体層が、前記第 2 の方向に並設された複数の圧電素子に掛けられる電界の強度に、前記第 2 の方向に対する重み付けを行う誘電体層ユニットとを備えている。

10

【 0 0 1 7 】

(2) 被検体に対して超音波を送受信する超音波振動子ユニットを備えた超音波プローブにおいて、前記超音波振動子ユニットは、第 1 の方向に並設された複数の超音波振動子部で構成されていて、前記各超音波振動子部は、前記第 1 の方向と直交する第 2 の方向に並設された複数の圧電素子で構成され、それぞれの圧電素子が前記第 1 の方向及び第 2 の方向と直交する第 3 の方向に対して超音波を送受信する圧電部と、前記圧電部の前記第 3 の方向と略直交する二端面にそれぞれ対向配置され、前記圧電部を構成する複数の圧電素子に電界を掛ける第 1 の電極及び第 2 の電極と、前記圧電部と前記第 1 の電極との間、もしくは前記圧電部と前記第 2 の電極との間に配置され、前記圧電部を構成する複数の圧電素子に掛けられる電界の強度に、前記第 2 の方向に対する重み付けを行う誘電体層とを備えている。

20

【 0 0 1 8 】

(3) (1) または (2) に記載された超音波プローブにおいて、前記誘電体層は、前記第 2 の方向に沿って配設された誘電体で構成され、前記誘電体が存在する面積比率は、前記圧電素子ユニットの前記第 2 の方向と略直交する二端面に接近するにつれて大きくなる。

30

【 0 0 1 9 】

(4) (3) に記載された超音波プローブにおいて、前記誘電体は、樹脂で形成されている。

【 0 0 2 0 】

(5) (1) または (2) に記載された超音波プローブにおいて、前記誘電体層は、前記第 2 の方向に沿って配設された誘電体で構成され、前記誘電体の厚みは、前記圧電素子ユニットの前記第 2 の方向と略直交する二端面に接近するにつれて厚くなる。

【 0 0 2 1 】

(6) (1) または (2) に記載された超音波プローブにおいて、前記誘電体層は、前記第 2 の方向に沿って配設された誘電体で構成され、前記誘電体の比誘電率は、前記圧電素子ユニットの前記第 2 の方向と略直交する二端面に接近するにつれて小さくなる。

40

【 0 0 2 2 】

(7) 超音波診断装置において、被検体に対して超音波を送受信する超音波振動子ユニットを備えた超音波プローブと、前記超音波振動子ユニットに対して電気信号を印加するとともに、前記超音波振動子ユニットが受信した反射波に基づいて、当該反射波に応じた受信信号を生成する送受信手段と、前記送受信手段により生成された受信信号に基づいて、前記被検体に関する画像を生成する画像生成手段とを備え、前記超音波振動子ユニットは、互いに直交する第 1 の方向及び第 2 の方向に並設された複数の圧電素子で構成され、それぞれの圧電素子が前記第 1 の方向及び第 2 の方向と直交する第 3 の方向に対して超音波を送受信する圧電素子ユニットと、前記圧電素子ユニットの前記第 3 の方向と略直交する

50

二端面にそれぞれ対向配置された複数の第１の電極及び第２の電極で構成され、それぞれの第１の電極及び第２の電極が、前記第２の方向に並設された複数の圧電素子に電界を掛ける第１の電極ユニット及び第２の電極ユニットと、前記圧電素子ユニットと前記第１の電極ユニットとの間、もしくは前記圧電素子ユニットと前記第２の電極ユニットとの間に配設された複数の誘電体層で構成され、それぞれの誘電体層が、前記第２の方向に並設された複数の圧電素子に掛けられる電界の強度に、前記第２の方向に対する重み付けを行う誘電体層ユニットとを備えている。

【００２３】

(８)超音波診断装置において、被検体に対して超音波を送受信する超音波振動子ユニットを備えた超音波プローブと、前記超音波振動子ユニットに対して電気信号を印加するとともに、前記超音波振動子ユニットが受信した反射波に基づいて、当該反射波に応じた受信信号を生成する送受信手段と、前記送受信手段により生成された受信信号に基づいて、前記被検体に関する画像を生成する画像生成手段とを備え、前記超音波振動子ユニットは、第１の方向に並設された複数の超音波振動子部で構成されていて、前記各超音波振動子部は、前記第１の方向と直交する第２の方向に並設された複数の圧電素子で構成され、それぞれの圧電素子が前記第１の方向及び第２の方向と直交する第３の方向に対して超音波を送受信する圧電部と、前記圧電部の前記第３の方向と略直交する二端面にそれぞれ対向配置され、前記圧電部を構成する複数の圧電素子に電界を掛ける第１の電極及び第２の電極と、前記圧電部と前記第１の電極との間、もしくは前記圧電部と前記第２の電極との間に配置され、前記圧電部を構成する複数の圧電素子に掛けられる電界の強度に、前記第２の方向に対する重み付けを行う誘電体層とを備えている。

【発明の効果】

【００２４】

本発明によれば、超音波の送信強度及び受信感度に対する重み付けの設計が簡単化され、スライス方向に対するビーム幅の均一化、及びスライス音場におけるサイドローブの低減を実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００２５】

以下、図面を参照しながら、第１の実施形態～第３の実施形態について説明する。

(第１の実施形態)

[超音波診断装置の構成]

図１は本発明の第１の実施形態に係る超音波診断装置の概略図である。

【００２６】

図１に示すように、本実施形態に係る超音波診断装置は、超音波を利用して被検体の内部を画像化するものであって、装置本体１０と超音波プローブ２０とで構成されている。

【００２７】

装置本体１０は、ベッドサイドでの診断ができるよう、キャスター１１を備えていて、内部には超音波プローブ２０に駆動信号を印加し、且つ超音波プローブ２０により取得されたエコー信号に基づいて受信信号を生成する送受信回路（送受信手段）１２と、送受信回路１２により生成された受信信号に基づいて、被検体に関する超音波画像を生成する画像生成部（画像生成手段）１３とが配設されている。また、装置本体１０の上部には、画像生成部１３により生成された超音波画像を表示するモニタ１４とが配設されている。なお、装置本体１０と超音波プローブ２０は、ケーブル１５で接続されていて、このケーブル１５によってデータ通信が行われる。

【００２８】

図２は同実施形態に係る超音波プローブ２０の斜視図である。なお、図２では、プローブケースが省略されている。

【００２９】

図２に示すように、本実施形態に係る超音波プローブ２０は、いわゆる１次元アレイ型の超音波プローブであって、被検体に対して超音波を送受信する超音波振動子ユニット１

10

20

30

40

50

00と、超音波振動子ユニット100の前面に配置され、超音波振動子ユニット100と被検体の音響インピーダンスとを整合させる音響整合ユニット200と、音響整合ユニット200の前面に配設され、送受信される超音波のスライス方向に対するビーム幅を収束させる音響レンズ300と、超音波振動子ユニット100の側面に対向配置され、超音波振動子ユニット100とケーブル15とを接続するフレキシブル基板400と、超音波振動子ユニット100の背面に配置され、超音波振動子ユニット100から背面に送信される超音波を吸収するパッキング材500とを具備している。

【0030】

以下、これらの構成要件について詳細に説明する。

【0031】

10

[超音波振動子ユニット100]

図3は同実施形態に係る超音波振動子ユニット100の斜視図である。

【0032】

図3に示すように、本実施形態に係る超音波振動子ユニット100は、圧電素子ユニット110と、接地電極ユニット120と、誘電体層ユニット130と、信号電極ユニット140とで構成されている。

【0033】

圧電素子ユニット110は、互いに直交する第1の方向及び第2の方向に並設された複数の圧電素子111で構成されていて、圧電素子111と圧電素子111との隙間には、圧電素子ユニット110の機械的強度を向上させるために、エポキシ等の非導電性樹脂112が充填されている。

20

【0034】

これら圧電素子111は、圧電セラミックスで細棒型に形成されていて、事前の処理によって、第1の方向及び第2の方向と直交する第3の方向に対して分極されている。なお、圧電セラミックスの素材は、特に限定されるものではないが、本実施形態では1-3コンポジットが使用される。以下、第1の方向をアレイ方向、第2の方向をスライス方向、第3の方向を軸心方向とする。

【0035】

接地電極ユニット120は、圧電素子ユニット110の前面に配設されていて、アレイ方向に並設された複数の接地電極121で構成されている。それぞれの接地電極121は、スライス方向に並設された複数の圧電素子111を覆うように配置されていて、これらの圧電素子111に対して共通の接地電圧を印加している。なお、接地電極121の素材は、特に限定されるものではないが、本実施形態では導電性の良い銅等の金属が使用されている。

30

【0036】

誘電体層ユニット130は、圧電素子ユニット110の背面に配設されていて、アレイ方向に並設された、比誘電率が低い複数の誘電体層131で構成されている。それぞれの誘電体層131は、スライス方向に並設された複数の誘電体1311で構成されていて、スライス方向に並設された複数の圧電素子111を部分的に覆うように配置されている。誘電体層131の素材は、特に限定されるものではないが、本実施形態では、比誘電率の低い素材としてエポキシ(比誘電率:2~50)等の樹脂が使用されている。また、誘電体層131の厚さは、2 μ m程度に設定されている。

40

【0037】

誘電体1311の存在する面積比率は、ハミング関数等の重み関数に従って、圧電素子ユニット110のスライス方向に略直交する二端面110aに接近するにつれて大きくなるように決定される。以下、スライス方向に略直交する端面をスライス端面110aとする。なお、本実施形態では、重み関数としてハミング関数を使用されているが、これに限定されるものではなく、例えば調和関数であってもよい。

【0038】

信号電極ユニット140は、圧電素子ユニット110の背面に配設されていて、アレイ

50

方向に並設された複数の信号電極 1 4 1 で構成されている。信号電極 1 4 1 の素材は、特に限定されるものではないが、本実施形態では導電性の良い金属として銅が使用されている。それぞれの信号電極 1 4 1 は、スライス方向に並設された信号電極片 1 4 1 1 で構成されていて、スライス方向に並設された複数の圧電素子 1 1 1 に対して信号電圧を印加している。それぞれの信号電極片 1 4 1 1 は、誘電体 1 3 1 1 と誘電体 1 3 1 1 との隙間に配設されていて、その厚さは誘電体 1 3 1 1 と同等である。即ち、信号電極ユニット 1 4 0 と誘電体層ユニット 1 3 0 は、超音波プローブ 2 0 の軸心方向に対して同等の位置に配設されている。

【 0 0 3 9 】

誘電体層ユニット 1 3 0 及び信号電極ユニット 1 4 0 の背面には、フレキシブル基板 4 0 0 に含まれる複数の信号用配線（後述する）4 2 1 がスライス方向に沿って接合されている。それぞれの信号用配線 4 2 1 は、スライス方向に並設された複数の誘電体 1 3 1 1 及び信号電極片 1 4 1 1 を電氣的に接続している。

【 0 0 4 0 】

以上のように、圧電素子ユニット 1 1 0 と信号用配線 4 2 1 との間には、誘電体 1 3 1 1 が存在する部位と誘電体 1 3 1 1 が存在しない部位が形成されている。そして、誘電体 1 3 1 1 の存在する面積比率は、圧電素子ユニット 1 1 0 のスライス端面 1 1 0 a に接近するにつれて小さくなるように決定されている。

【 0 0 4 1 】

これにより、圧電素子 1 1 1 にかかる電界の強度は、圧電素子ユニット 1 1 0 のスライス端面 1 1 0 a に接近するにつれて小さくなり、圧電素子ユニット 1 1 0 のスライス端面 1 1 0 a から離間するにつれて、即ちスライス方向に対する中心部に接近するにつれて大きくなる。

【 0 0 4 2 】

なお、本実施形態では、信号用配線 4 2 1 を信号電極 1 4 1 の一部とみなすことにしている。これにより、誘電体層ユニット 1 3 0 は、圧電素子ユニット 1 1 0 と信号電極ユニット 1 4 0 との間に配設されていると捉えることができる。

【 0 0 4 3 】

[音響整合ユニット 2 0 0]

図 2 に示すように、本実施形態に係る音響整合ユニット 2 0 0 は、アレイ方向に並設された複数の音響整合体 2 1 0 で構成されていて、音響整合体 2 1 0 と音響整合体 2 1 0 との隙間にはエポキシ等の非導電性樹脂 2 2 0 が充填されている。

【 0 0 4 4 】

それぞれの音響整合体 2 1 0 は、スライス方向に並設された複数の圧電素子 1 1 1 を覆うように配置されていて、超音波振動子ユニット 1 0 0 から被検体に向かって音響インピーダンスが段階的に変化するように、材料の異なる第 1 の音響整合体 2 1 1 と第 2 の音響整合体 2 1 2 で構成されている。

【 0 0 4 5 】

[音響レンズ 3 0 0]

図 2 に示すように、音響レンズ 3 0 0 は、音響整合ユニット 2 0 0 を構成する全ての音響整合体 2 1 0 を覆っている。音響レンズ 3 0 0 の素材は、特に限定されるものではないが、本実施形態では、被検体、すなわち生体に近い音響インピーダンスを持つシリコーンゴムが使用される。

【 0 0 4 6 】

[フレキシブル基板 4 0 0]

フレキシブル基板 4 0 0 は、二層構造をしていて、第一層 4 1 0 の内部には接地用配線 4 1 1 が配設され、第二層 4 2 0 には電氣的に独立した複数の信号用配線 4 2 1 が配設されている。接地用配線 4 1 1 は、アレイ方向に並設された全ての接地電極 1 2 1 に電氣的に接続されている。それぞれの信号用配線 4 2 1 は、前述のように、スライス方向に並設された複数の誘電体 1 3 1 1 及び信号電極片 1 4 1 1 に電氣的に接続されている。接地用

10

20

30

40

50

配線 4 1 1 及び信号用配線 4 2 1 の素材は、特に限定されるものではないが、本実施形態では導電性の良い金属として銅が使用されている。

【 0 0 4 7 】

[バッキング材 5 0 0]

バッキング材 5 0 0 は、矩形ブロック状に形成されていて、その前面には圧電素子 1 1 1 と圧電素子 1 1 1 との隙間に対応する位置にそれぞれ溝部 5 1 0 が形成されている。これらの溝部 5 1 0 は、超音波プローブ 2 0 の製造工程で形成されるものであって、その内部にはエポキシ等の非導電性樹脂 5 2 0 が充填されている。

【 0 0 4 8 】

[超音波プローブ 2 0 の製造工程]

10

図 4 は同実施形態に係る超音波プローブ 2 0 の製造工程の説明図である。

先ず、図 4 (a) に示すように、1 - 3 コンポジット型の圧電体ブロック 1 1 0 A が用意される。1 - 3 コンポジット型の圧電体ブロック 1 1 0 A は、アレイ方向及びスライス方向に対して並設された複数の圧電素子 1 1 1 で構成されていて、圧電素子 1 1 1 と圧電素子 1 1 1 との隙間にはエポキシ等の非導電性樹脂 1 1 2 が充填されている。なお、圧電体ブロック 1 1 0 A の圧電素子 1 1 1 は、事前にアレイ方向及びスライス方向と直交する軸心方向に対して分極処理がなされている。

【 0 0 4 9 】

次に、図 4 (b) に示すように、圧電体ブロック 1 1 0 A の軸心方向と略直交する第 1 の側面と第 2 の側面に対して、それぞれ第 1 の電極 1 2 0 A と第 2 の電極 1 4 0 A が形成される。なお、第 1 の電極 1 2 0 A 及び第 2 の電極 1 4 0 A の素材は、導電性の良い銅等の金属が使用される。

20

【 0 0 5 0 】

次に、図 4 (c) に示すように、第 2 の電極 1 4 0 A に対してエッチング処理が行われ、第 2 の電極 1 4 0 A の所定部位が除去される。なお、エッチング処理される所定部位は、ハミング関数等の重み関数に従って、スライス方向と略直交する二端面に接近するにつれて幅が広くなるように決定される。これにより、圧電体ブロック 1 1 0 A の第 1 の側面には、第 2 の電極 1 4 0 A が存在する凸部 M と第 2 の電極 1 4 0 A が存在しない凹部 N とが形成される。

【 0 0 5 1 】

30

次に、図 4 (d) に示すように、第 1 の電極 1 2 0 A にエポキシ等の非導電性接着剤が薄く塗られ、その上から音響整合材料ブロック 2 0 0 A が接合される。この音響整合材料ブロック 2 0 0 A は、材質の異なる 2 種類の第 1 の音響整合材料板 2 1 1 A と第 2 の音響整合材料板 2 1 2 A で構成されている。

【 0 0 5 2 】

次に、図 4 (e) に示すように、第 2 の電極 1 4 0 A にエポキシ等の非導電性接着剤が薄く塗られ、その上からフレキシブル基板素材 4 0 0 A の第二層 4 2 0 A が接合される。なお、フレキシブル基板素材 4 0 0 A の第二層 4 2 0 A の先端部は、事前に外皮が剥かれていて、その配線部分 4 2 1 A が露出している。これにより、第 2 の電極 1 4 0 A とフレキシブル基板素材 4 0 0 A の第二層 4 2 0 A の配線部分 4 2 1 A は、接合のために印加される圧力によって電氣的に接続される。そして、第 2 の電極 1 4 0 A に塗られた非導電性接着剤は、接合のために印加される接合圧力によって、圧電体ブロック 1 1 0 A の第 2 の側面に形成された凹部 N に充填される。これにより、圧電体ブロック 1 1 0 A と第 2 の電極 1 4 0 A との間には、非導電性接着剤層 1 3 0 A が形成される。なお、第 2 の電極 1 4 0 A とフレキシブル基板素材 4 0 0 A の第二層 4 2 0 A とを接合する非導電性接着剤は、極めて薄く塗られるため、第 2 の電極 1 4 0 A とフレキシブル基板素材 4 0 0 A の第二層 4 2 0 A の配線部分 4 2 1 A の導通が妨げられることはない。

40

【 0 0 5 3 】

また、これと同時に、圧電体ブロック 1 1 0 A のスライス方向と略直交する側面にエポキシ等の非導電性接着剤が塗られ、その上からフレキシブル基板素材 4 0 0 A の第一層 4

50

10 A が接合される。なお、フレキシブル基板素材 400 A の第一層 410 A の先端部分は、事前に外皮が剥かれていて、その配線部分 411 A が露出している。これにより、第 1 の電極 120 A とフレキシブル基板素材 400 A の配線部分 411 A は、接合のために印加される接合圧力によって電氣的に接続される。

【0054】

次に、図 4 (f) に示すように、フレキシブル基板素材 400 A の第二層 420 A に非導電性接着剤が塗られ、その上からバックング材料ブロック 500 A が接合される。以上の工程により、圧電体ブロック 110 A、音響整合材料ブロック 200 A、フレキシブル基板素材 400 A、及びバックング材料ブロック 500 A で構成されるユニット U が完成する。

10

【0055】

次に、図 4 (g) に示すように、完成したユニット U が圧電体ブロック 110 A の第 1 の電極 120 A 側からダイシングされる。このダイシングは、ユニット U をアレイ化するためのものであって、バックング材料ブロック 500 A に溝部 510 が形成されるまで実施される。そして、ダイシングによってユニット U に形成された溝部にエポキシ等の非導電性樹脂 112 が充填される。

【0056】

これにより、圧電体ブロック 110 A が前記圧電素子ユニット 110 に、第 1 の電極 120 A が前記接地電極ユニット 120 に、非導電性接着剤層 130 A が前記誘電体層ユニット 130 に、第 2 の電極 140 A が前記信号電極ユニット 140 に、凹部に充填された非導電性接着剤が前記誘電体層ユニット 130 に、音響整合材料ブロック 200 A が前記音響整合ユニット 200 に、フレキシブル基板素材 400 A が前記フレキシブル基板 400 に、バックング材料ブロック 500 A が前記バックング材 500 になる。以上で、超音波振動子ユニット 100 と音響整合ユニット 200 とバックング材 500 が完成する。

20

【0057】

次に、図 4 (h) に示すように、音響整合ユニット 200 にエポキシ等の非導電性接着剤が塗られ、その上から音響レンズ 300 が接合される。そして、最後に、超音波振動子ユニット 100、音響整合ユニット 200、バックング材 500、音響レンズ 300、及びフレキシブル基板 400 がプローブケース (図示しない) に収納され、フレキシブル基板 400 とケーブル 150 が電氣的に接続される。以上で、超音波プローブ 20 が完成する。

30

【0058】

なお、本実施形態における超音波プローブ 20 の製造工程では、圧電体ブロック 110 A の第 2 の側面に第 2 の電極 140 A を形成して、当該第 2 の電極 140 A にエッチング処理をして前記圧電体ブロック 110 の第 2 の側面に凹部 N を形成したのち、第 2 の電極 140 A とフレキシブル基板素材 400 A の第二層 420 A の配線部分 421 A を接合している。

【0059】

しかしながら、本発明は、これに限定されるものではなく、例えばフレキシブル基板素材 400 A の第二層 420 A の配線部分 421 A に第 2 の電極 140 A を形成して、当該第 2 の電極 140 A にエッチング処理で凹部を形成したのち、圧電体ブロック 110 A とフレキシブル基板素材 400 A の第二層 420 A の配線部分 421 A とを接合してもよい。

40

【0060】

[本実施形態による作用]

本実施形態における超音波振動子ユニット 100 は、圧電素子ユニット 110 と信号用配線 421 との間に、比誘電率の低い誘電体層 131 を備えている。そして、この誘電体層 131 は、スライス方向に対して間隔を空けて配置された複数の誘電体 1311 で構成されていて、誘電体 1311 の存在する面積比率が圧電素子ユニット 110 のスライス端面 110 a に接近するにつれて小さくなるように決定されている。

50

【 0 0 6 1 】

そのため、信号電極 1 4 1 に信号電圧が印加されたとき、圧電素子 1 1 1 にかかる電界には、圧電素子ユニット 1 1 0 のスライス端面 1 1 0 a に接近するにつれて強度が弱まるような重み付けがなされる。その結果、送受信される超音波のスライス方向に対するビーム幅が均一化され、且つスライス音場におけるサイドローブが低減される。しかも、装置や回路を複雑化することがない。

【 0 0 6 2 】

[シミュレーション結果]

次に、発明者により実施されたシミュレーション結果について説明する。

【 0 0 6 3 】

図 5 は同実施形態に係る超音波プローブ 2 0 を使用したときのスライス方向に関する音場の特性図、図 1 1 は従来の超音波プローブ 2 0 を使用したときのスライス方向に関する音場の特性図である。

10

【 0 0 6 4 】

なお、この図において、横軸は超音波プローブ 2 0 の軸心方向に対する音響レンズ 3 0 0 からの距離、縦軸はスライス方向に対する超音波プローブ 2 0 の中心からの距離、各曲線は等音圧線を示している。また、各等音圧線が示す音圧は、超音波プローブ 2 0 の軸心から離れるにつれて低くなっている。

【 0 0 6 5 】

図 5 と図 1 1 を見ると、本実施形態に係る超音波プローブ 2 0 を使用したときに、等音圧線が超音波プローブ 2 0 の軸心に接近していることがわかる。

20

【 0 0 6 6 】

特に、超音波プローブ 2 0 の近傍では、従来の超音波プローブと比較して、等音圧線が超音波プローブ 2 0 の軸心はかなり接近していることがわかる。このことは、超音波プローブ 2 0 の近傍において、スライス方向に対するビーム幅が細径化されて、超音波の分解能が向上したことを示している。

【 0 0 6 7 】

さらに、従来の超音波プローブ 2 0 と比較して、低い音圧の等音圧線が超音波プローブ 2 0 の軸心はかなり接近していることがわかる。このことは、超音波のスライス音場におけるサイドローブが低減したことを示している。

30

【 0 0 6 8 】

図 6 は同実施形態に係る超音波プローブ 2 0 を使用したときのスライス方向に関する送信音圧の特性図である。なお、この図において、横軸はスライス方向に対する超音波プローブ 2 0 の軸心からの距離、縦軸は音圧を示している。また、実線は本実施形態に係る超音波プローブ 2 0 を使用したときの音圧を示し、点線は重み関数を示している。

【 0 0 6 9 】

図 6 を見ると、本実施形態に係る超音波プローブ 2 0 を使用したときに、スライス方向に対する送信音圧特性が概して重み関数に対応していることがわかる。このことは、重み関数の選択に応じて、スライス方向に対する所望の送信音圧特性が得られることを示している。

40

【 0 0 7 0 】

以上のように、シミュレーションによっても、送受信される超音波のスライス方向に対するビーム幅が均一化され、且つスライス音場におけるサイドローブが低減されることが確認されている。

【 0 0 7 1 】

(第 2 実施形態)

[超音波振動子ユニット 1 0 0 ']

図 7 は本発明の第 2 の実施形態に係る超音波振動子ユニット 1 0 0 ' の斜視図である。

【 0 0 7 2 】

図 7 に示すように、本実施形態に係る超音波振動子ユニット 1 0 0 ' は、圧電素子ユニ

50

ット 1 1 0' と、接地電極ユニット 1 2 0' と、誘電体層ユニット 1 3 0' と、信号電極ユニット 1 4 0' とで構成されている。

【0073】

圧電素子ユニット 1 1 0' は、互いに直交する第 1 の方向及び第 2 の方向に並設された複数の圧電素子 1 1 1' で構成されていて、圧電素子 1 1 1' と圧電素子 1 1 1' との隙間には、圧電素子ユニット 1 1 0' の機械的強度を向上させるために、エポキシ等の非導電性樹脂 1 1 2' が充填されている。

【0074】

これら圧電素子 1 1 1' は、圧電セラミックスで細棒型に形成されていて、事前の処理によって、第 1 の方向及び第 2 の方向と直交する第 3 の方向に対して分極されている。なお、圧電セラミックスの素材は、特に限定されるものではないが、本実施形態では 1 - 3 コンポジットが使用される。以下、第 1 の方向をアレイ方向、第 2 の方向をスライス方向、第 3 の方向を軸心方向とする。

【0075】

接地電極ユニット 1 2 0' は、圧電素子ユニット 1 1 0' の前面に配設されていて、アレイ方向に並設された複数の接地電極 1 2 1' で構成されている。それぞれの接地電極 1 2 1' は、スライス方向に並設された複数の圧電素子 1 1 1' を覆うように配置されていて、これらの圧電素子 1 1 1' に対して共通の接地電圧を印加している。なお、接地電極 1 2 1' の素材は、特に限定されるものではないが、本実施形態では導電性の良い銅等の金属が使用されている。

【0076】

誘電体層ユニット 1 3 0' は、圧電素子ユニット 1 1 0' の背面に配設されていて、アレイ方向に並設された、比誘電率が低い複数の誘電体層 1 3 1' で構成されている。それぞれの誘電体層 1 3 1' は、スライス方向に並設された複数の圧電素子 1 1 1' を覆うように配置されている。誘電体層 1 3 1' の厚さは、ハミング関数等の重み関数に従って、圧電素子ユニット 1 1 0' のスライス端面 1 1 0 a' に接近するにつれて大きくなるように決定されている。誘電体層 1 3 1' の素材は、特に限定されるものではないが、本実施形態では比誘電率の低いエポキシ（比誘電率：2 ~ 50）等の樹脂が使用されている。なお、本実施形態では、重み関数としてハミング関数が使用されているが、これに限定されるものではなく、例えば調和関数であってもよい。

【0077】

信号電極ユニット 1 4 0' は、誘電体層ユニット 1 3 0' の背面に配設されていて、アレイ方向に並設された複数の信号電極 1 4 1' で構成されている。信号電極 1 4 1' の素材は、特に限定されるものではないが、本実施形態では導電性の良い銅等の金属が使用されている。それぞれの信号電極 1 4 1' は、誘電体層 1 3 1' を覆うようにスライス方向に沿って配置されていて、当該誘電体層 1 3 1' を挟んで、スライス方向に並設された複数の圧電素子 1 1 1' に対して信号電圧を印加している。

【0078】

以上のように、圧電素子ユニット 1 1 0' と信号電極 1 4 1' との間には、比誘電率の低い誘電体層 1 3 1' が配設されている。しかも、誘電体層 1 3 1' の厚さは、圧電素子ユニット 1 1 0' のスライス端面 1 1 0 a' に接近するにつれて大きくなるように決定されている。

【0079】

これにより、圧電素子 1 1 1' にかかる電界の強度は、圧電素子ユニット 1 1 0' のスライス端面 1 1 0 a' に接近するにつれて小さくなり、圧電素子ユニット 1 1 0' のスライス端面 1 1 0 a' から離間するにつれて、即ちスライス方向に対して中心部に接近するにつれて大きくなる。

【0080】

[超音波プローブ 20 の製造工程]

図 8 は同実施形態に係る超音波プローブ 20 の製造工程の説明図である。

10

20

30

40

50

先ず、図 8 (a) に示すように、直方体型の圧電体ブロック 1 1 0 A ' が用意される。この圧電体ブロック 1 1 0 A ' は、事前に軸心方向に対して分極処理がなされている。

【 0 0 8 1 】

次に、図 8 (b) に示すように、圧電体ブロック 1 1 0 A ' の軸心方向と略直交する第 2 の側面がラッピングされ、所定の曲面が形成される。曲面の形状は、ハミング関数等の重み関数に従って、スライス方向と略直交する二側面に接近するにつれて圧電体ブロック 1 1 0 A ' の軸心方向に対する厚さが小さくなるように決定される。

【 0 0 8 2 】

次に、図 8 (c) に示すように、圧電体ブロック 1 1 0 A ' が軸心方向と略直交するアレイ方向に沿ってダイシングされる。このダイシングは、重み付け用のものであって、圧電体ブロック 1 1 0 A ' の曲面側から圧電体ブロック 1 1 0 A ' の中途部まで実施される。これにより、圧電体ブロック 1 1 0 A ' には、アレイ方向に沿って複数の溝部が形成される。

10

【 0 0 8 3 】

次に、図 8 (d) に示すように、圧電体ブロック 1 1 0 A ' の曲面にエポキシ等の非導電性接着剤によって誘電体板 1 3 0 A ' が接合される。この誘電体板 1 3 0 A ' は、ハミング関数等の重み関数に従って、圧電体ブロック 1 1 0 A ' の曲面に対応するように形成されている。なお、圧電体ブロック 1 1 0 A ' に形成された溝部は、圧電体ブロック 1 1 0 A ' と誘電体板 1 3 0 A ' との接合に使用される非導電性樹脂で充填される。

【 0 0 8 4 】

20

次に、図 8 (e) に示すように、圧電体ブロック 1 1 0 A ' がラッピングされる。このラッピングは、圧電体ブロック 1 1 0 A ' の第 1 の側面から溝部に到達するまで実施される。なお、圧電体ブロック 1 1 0 A ' の溝部には非導電性接着剤が充填されているため、圧電体ブロック 1 1 0 A ' がラッピングされても、当該圧電体ブロック 1 1 0 A ' が複数に分割されることはない。

【 0 0 8 5 】

次に、図 8 (f) に示すように、圧電体ブロック 1 1 0 A ' の第 1 の側面及び誘電体板 1 3 0 A ' に対して、それぞれ第 1 の電極 1 2 0 A ' 及び第 2 の電極 1 4 0 A ' 極が形成される。なお、第 1 の電極 1 2 0 A ' と第 2 の電極 1 4 0 A ' の素材は、導電性の良い銅等の金属が使用される。

30

【 0 0 8 6 】

次に、図 8 (g) に示すように、第 1 の電極 1 2 0 A ' にエポキシ等の非導電性接着剤が薄く塗られ、その上から音響整合材料ブロック 2 0 0 A ' が接合される。この音響整合材料ブロック 2 0 0 A ' は、材質の異なる 2 種類の第 1 の音響整合材料板 2 1 1 A ' と第 2 の音響整合材料板 2 1 2 A ' で構成されている。

【 0 0 8 7 】

次に、図 8 (h) に示すように、第 2 の電極 1 4 0 A ' にエポキシ等の非導電性接着剤が薄く塗られ、その上からフレキシブル基板素材 4 0 0 A ' の第二層 4 2 0 A ' が接合される。なお、フレキシブル基板素材 4 0 0 A ' の第二層 4 2 0 A ' の先端部分は、事前に外皮が剥かれていて、配線部分 4 2 1 A ' が露出している。これにより、第 2 の電極 1 4 0 A ' とフレキシブル基板素材 4 0 0 A ' の第二層 4 2 0 A ' の配線部分 4 2 1 A ' は、接合のために印加される接合圧力によって電氣的に接続される。なお、第 2 の電極 1 4 0 A ' とフレキシブル基板素材 4 0 0 A ' とを接合する非導電性接着剤は、極めて薄く塗られるため、第 2 の電極 1 4 0 A ' とフレキシブル基板素材 4 0 0 の第二層 4 2 0 A ' の配線部分 4 2 1 A ' の導通が妨げられることはない。

40

【 0 0 8 8 】

また、これと同時に、圧電体ブロック 1 1 0 A ' のスライス方向と略直交する側面にエポキシ等の非導電性接着剤が塗られ、その上からフレキシブル基板素材 4 0 0 A ' の第一層 4 1 0 A ' が接合される。なお、フレキシブル基板素材 4 0 0 A ' の第一層 4 1 0 A ' の所定部分は、事前に外皮が剥かれていて、配線部分 4 1 1 A ' が露出している。これによ

50

り、第1の電極120A'とフレキシブル基板素材400A'の第一層410A'の配線部分411A'は、接合のために印加される接合圧力によって電氣的に接続される。

【0089】

次に、図8(I)に示すように、フレキシブル基板素材400A'の第二層420A'に非導電性接着剤が塗られ、その上からバックング材料ブロック500A'が接合される。以上の工程により、圧電体ブロック110A'、音響整合材料ブロック200A'、フレキシブル基板素材400A'、及びバックング材料ブロック500A'で構成されるユニットU'が完成する。

【0090】

次に、図8(j)に示すように、完成したユニットU'が圧電体ブロック110A'の第1の電極120A'側からダイシングされる。このダイシングは、ユニットU'をアレイ化するためのものであって、バックング材料ブロック500A'に溝部510A'が形成されるまで実施される。そして、ダイシングによってユニットU'に形成された溝部にエポキシ等の非導電性樹脂が充填される。

【0091】

これにより、圧電体ブロック110A'が前記圧電素子ユニット110'に、第1の電極120A'が前記接地電極ユニット120'に、誘電体板130A'が前記誘電体層ユニット130'に、第2の電極140A'が前記信号電極ユニット140'に、音響整合材料ブロック200A'が前記音響整合ユニット200'に、フレキシブル基板素材400A'が前記フレキシブル基板400'に、バックング材料ブロック500A'が前記バックング材500'になる。以上で、超音波振動子ユニット100'と音響整合ユニット200'とバックング材500'が完成する。

【0092】

次に、図8(k)に示すように、音響整合ユニット200'にエポキシ等の非導電性接着剤が塗られ、その上から音響レンズ300'が接合される。そして、最後に、超音波振動子ユニット100'、音響整合ユニット200'、バックング材500'、音響レンズ300'、及びフレキシブル基板400'がプローブケース(図示しない)に収納され、フレキシブル基板400'とケーブル150が電氣的に接続される。以上で、超音波プローブ20'が完成する。

【0093】

[本実施形態による作用]

本実施形態における超音波振動子ユニット100'は、圧電素子ユニット110'と信号電極141'との間に、圧電素子ユニット110'のスライス端面110a'に接近するにつれて厚くなる誘電体層131'が配設されている。

【0094】

そのため、信号電極141'に信号電圧が印加されたとき、圧電素子111'にかかる電界には、圧電素子ユニット110'のスライス端面110a'に接近するにつれて強度が小さくなるように重み付けがなされる。その結果、第1の実施形態と同様に、送受信される超音波のスライス方向に対するビーム幅が均一化され、且つスライス音場におけるサイドローブが低減される。しかも、装置や回路を複雑化することがない。

【0095】

なお、本実施形態における誘電体層131'は、圧電素子ユニット110'のスライス端面110a'に接近するにつれて、圧電素子ユニット110'の前面に向かって食い込むような形態となっているが、本発明はこれに限定されるものではない。即ち、誘電体層131'は、圧電素子ユニット110'のスライス端面110a'に接近するにつれて、圧電体ブロック110A'の背面から離間する方向に盛り上がるような形態であっても良い。このような形態であれば、圧電体ブロック110A'の背面を研磨する必要がなくなるため、超音波プローブ20'の製造工程が簡略化する。

【0096】

(第3の実施形態)

10

20

30

40

50

[超音波振動子ユニット 1 0 0 ' ']

図 9 は本発明の第 3 の実施形態に係る超音波振動子ユニット 1 0 0 ' ' の斜視図である。

【 0 0 9 7 】

図 9 に示すように、本実施形態に係る超音波振動子ユニット 1 0 0 ' ' は、圧電素子ユニット 1 1 0 ' ' と、接地電極ユニット 1 2 0 ' ' と、誘電体層ユニット 1 3 0 ' ' と、信号電極ユニット 1 4 0 ' ' とで構成されている。

【 0 0 9 8 】

圧電素子ユニット 1 1 0 ' ' は、互いに直交する第 1 の方向及び第 2 の方向に並設された複数の圧電素子 1 1 1 ' ' で構成されていて、圧電素子 1 1 1 ' ' と圧電素子 1 1 1 ' ' の隙間には、圧電素子ユニット 1 1 0 ' ' の機械的強度を向上させるために、エポキシ等の非導電性樹脂 1 1 2 ' ' が充填されている。

【 0 0 9 9 】

これら圧電素子 1 1 1 ' ' は、圧電セラミックスで形成されていて、事前の処理によって、第 1 の方向及び第 2 の方向と直交する第 3 の方向に対して分極されている。なお、圧電セラミックスの素材は、特に限定されるものではないが、本実施形態では 1 - 3 コンポジットが使用される。以下、第 1 の方向をアレイ方向、第 2 の方向をスライス方向、第 3 の方向を軸心方向とする。

【 0 1 0 0 】

接地電極ユニット 1 2 0 ' ' は、圧電素子ユニット 1 1 0 ' ' の前面に配設されていて、アレイ方向に並設された複数の接地電極 1 2 1 ' ' で構成されている。それぞれの接地電極 1 2 1 ' ' は、スライス方向に並設された複数の圧電素子 1 1 1 ' ' を覆うように配置されていて、これらの圧電素子 1 1 1 ' ' に対して共通の接地電圧を印加している。なお、接地電極 1 2 1 ' ' の素材は、特に限定されるものではないが、本実施形態では導電性の良い銅等の金属が使用されている。

【 0 1 0 1 】

誘電体層ユニット 1 3 0 ' ' は、圧電素子ユニット 1 1 0 ' ' の背面に配設されていて、アレイ方向に並設された複数の誘電体層 1 3 1 ' ' で構成されている。それぞれの誘電体層 1 3 1 ' ' は、スライス方向に並設された複数の圧電素子 1 1 1 ' ' を覆うように配置されていて、互いに比誘電率が異なる第 1 ~ 第 4 の誘電体 1 3 1 1 ' ' ~ 1 3 1 4 ' ' で構成されている。

【 0 1 0 2 】

第 1 ~ 第 4 の誘電体 1 3 1 1 ' ' ~ 1 3 1 4 ' ' は、ハミング関数等の重み関数に従って、圧電素子ユニット 1 1 0 ' ' のスライス端面 1 1 0 a ' ' に接近するにつれて比誘電率が小さくなるように配置されている。

【 0 1 0 3 】

これにより、それぞれの誘電体層 1 3 1 ' ' の比誘電率は、圧電素子ユニット 1 1 0 ' ' のスライス端面 1 1 0 a ' ' に接近するにつれてなだらかに低下する。なお、本実施形態では、重み関数としてハミング関数が使用されているが、これに限定されるものではなく、例えば調和関数であってもよい。

【 0 1 0 4 】

第 1 ~ 第 4 の誘電体 1 3 1 1 ' ' ~ 1 3 1 4 ' ' の素材は、特に限定されるものではないが、本実施形態では、比誘電率が高いセラミックス（比誘電率：500 ~ 1000）等の素材や、比誘電率の低いエポキシ（比誘電率：2 ~ 50）等の素材が使用されている。また、誘電体層 1 3 1 ' ' の厚さは、2 μm 程度に設定されている。

【 0 1 0 5 】

信号電極ユニット 1 4 0 ' ' は、誘電体層ユニット 1 3 0 ' ' の背面に配設されていて、アレイ方向に並設された複数の信号電極 1 4 1 ' ' で構成されている。信号電極 1 4 1 ' ' の素材は、特に限定されるものではないが、本実施形態では導電性の良い銅等の金属が使用されている。それぞれ信号電極 1 4 1 ' ' は、誘電体層 1 3 1 ' ' を覆うようにス

10

20

30

40

50

ライス方向に沿って配設されていて、当該誘電体層 131' を挟んで、ライス方向に並設された複数の圧電素子 111' に対して信号電圧を印加している。

【0106】

以上のように、圧電素子ユニット 110' と信号電極 141' との間には、第 1 ~ 第 4 の誘電体 1311' ~ 1314' で構成された誘電体層 131' が配設されている。しかも、第 1 ~ 第 4 の誘電体 1311' ~ 1314' は、圧電素子ユニット 110' のライス端面 110a' に接近するにつれて比誘電率が小さくなるように配置されている。

【0107】

これにより、圧電素子 111' にかかる電界の強度は、圧電素子ユニット 110' のライス端面 110a' に接近するにつれて小さくなり、圧電素子ユニット 110' のライス端面 110a' から離間するにつれて、即ちライス方向に対して中心部に接近するにつれて大きくなる。

【0108】

[超音波プローブ 20' の製造工程]

図 10 は同実施形態に係る超音波プローブ 20' の製造工程の説明図である。

先ず、図 10 (a) に示すように、1 - 3 コンポジット型の圧電体ブロック 110A' が用意される。1 - 3 コンポジット型の圧電体ブロック 110A' は、アレイ方向及びライス方向に対して並設された複数の圧電素子 111' で構成されていて、圧電素子 111' と圧電素子' との隙間にはエポキシ等の非導電性樹脂が充填されている。なお、圧電体ブロック 110A' の圧電素子 111' は、事前にアレイ方向及びライス方向と直交する軸心方向に対して分極処理がなされている。

【0109】

次に、図 10 (b) に示すように、圧電体ブロック 110A' の軸心方向と略直交する第 2 の側面に誘電体板 130A' が形成される。この誘電体板 130A' は、ライス方向に並設された第 1 ~ 第 4 の誘電体片 1311A' ~ 1314A' で構成されている。第 1 ~ 第 4 の誘電体片 1311A' ~ 1314A' は、比誘電率が互いに異なっていて、ハミング関数等の重み関数に従って、圧電体ブロック 110A' のライス方向と略直交する二側面に接近するにつれて比誘電率が低下するように配置されている。これにより、誘電体板 130A' の比誘電率は、圧電体ブロックのライス方向と略直交する二側面に接近するにつれて概ねなだらかに低下する。

【0110】

次に、図 10 (c) に示すように、圧電体ブロック 110A' の第 1 の側面及び誘電体板 130A' に対して、それぞれ第 1 の電極 120A' 及び第 2 の電極 140A' が形成される。なお、第 1 の電極 120A' 及び第 2 の電極 140A' の素材は、導電性の良い銅等の金属が使用される。

【0111】

次に、図 10 (d) に示すように、第 1 の電極 120A' にエポキシ等の非導電性接着剤が薄く塗られ、その上から音響整合材料ブロック 200A' が接合される。この音響整合材料ブロック 200A' は、材質の異なる 2 種類の第 1 の音響整合材料板 211A' と第 2 の音響整合材料板 212A' で構成されている。

【0112】

次に、図 10 (e) に示すように、第 2 の電極 140A' にエポキシ等の非導電性接着剤が薄く塗られ、その上からフレキシブル基板素材 400' の第二層 420A' が接合される。なお、フレキシブル基板素材 400A' の第二層 420A' の先端部分は、事前に外皮が剥かれていて、その配線部分 421A' が露出している。これにより、第 2 の電極 140A' とフレキシブル基板 400A' の第二層 420A' の配線部分 421A' は、接合のために印加される接合圧力によって電氣的に接続される。なお、第 2 の電極 140A' とフレキシブル基板 400A' とを接合する非導電性接着剤は、極めて薄く塗られるため、第 2 の電極 140A' とフレキシブル基板 400A'

10

20

30

40

50

の第二層 420A の配線部分 421A との導通が妨げられることはない。

【0113】

また、これと同時に、圧電体ブロック 110A のスライス方向と略直交する側面にエポキシ等の非導電性接着剤が塗られ、その上からフレキシブル基板 400A の第一層 410A が接合される。なお、フレキシブル基板 400A の第一層 410A の先端部分は、事前に外皮が剥かれていて、その配線部分 411A が露出している。これにより、第 1 の電極 120A とフレキシブル基板 400A の配線部分 412A は、接合のために印加される接合圧力によって電氣的に接続される。

【0114】

次に、図 10 (f) に示すように、フレキシブル基板 400A の第二層 420A の背面に非導電性接着剤が塗られ、その上からバッキング材料ブロック 500A が接合される。以上の工程により、圧電体ブロック 110A、音響整合材料ブロック 200A、フレキシブル基板 400A、及びバッキング材料ブロック 500A で構成されるユニット U が完成する。

【0115】

次に、図 10 (g) に示すように、完成したユニット U が圧電体ブロック 110A の第 1 の電極 120A 側からダイシングされる。このダイシングは、ユニット U をアレイ化するためのものであって、バッキング材料ブロック 500A に溝部が形成されるまで実施される。そして、ダイシングによってユニット U に形成された溝部にエポキシ等の非導電性樹脂が充填される。

【0116】

これにより、圧電体ブロック 110A が前記圧電素子ユニット 110 に、第 1 の電極 120A が前記接地電極ユニット 120 に、誘電体板 130A が前記誘電体層ユニット 130 に、第 2 の電極 140A が前記信号電極ユニット 140 に、音響整合材料ブロック 200A が前記音響整合ユニット 200 に、フレキシブル基板素材 400A が前記フレキシブル基板 400 に、バッキング材料ブロック 500A が前記バッキング材 500 となる。以上で、超音波振動子ユニット 100 と音響整合ユニット 200 とバッキング材 500 が完成する。

【0117】

次に、図 10 (h) に示すように、音響整合ユニット 200 にエポキシ等の非導電性接着剤が塗られ、その上から音響レンズ 300 が接合される。そして、最後に、超音波振動子ユニット 100、音響整合ユニット 200、バッキング材 500、音響レンズ 300、及びフレキシブル基板 400 がプローブケース (図示しない) に収納され、フレキシブル基板 400 とケーブル 150 が電氣的に接続される。以上で、超音波プローブ 20 が完成する。

【0118】

(本実施形態による作用)

本実施形態における超音波振動子ユニット 100 は、圧電素子ユニット 110 と信号電極 141 との間に、スライス方向に並設された第 1 ~ 第 4 の誘電体 1311 ~ 1314 からなる誘電体層 131 を備えている。しかも、第 1 ~ 第 4 の誘電体 1311 ~ 1314 は、互いに比誘電率が異なっていて、圧電素子ユニット 110 のスライス端面 110a に接近するにつれて比誘電率が低下するような配置となっている。

【0119】

そのため、信号電極 141 に駆動電圧が印加されたときに、圧電素子 111 にかかる電界には、圧電素子ユニット 110 のスライス端面 110a に接近するにつれて強度が小さくなるように重み付けがなされる。その結果、第 1 の実施形態と同様に、送受信される超音波のスライス方向に対するビーム幅が均一化され、且つスライス音場におけるサイドローブが低減される。しかも、装置や回路を複雑化することがない。

【0120】

10

20

30

40

50

本発明は、前記実施形態そのままに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、前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、異なる実施形態に亘る構成要素を適宜組み合わせてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0121】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る超音波診断装置の概略図。

【図2】同実施形態に係る超音波プローブの斜視図。

【図3】同実施形態に係る超音波振動子ユニットの斜視図。

10

【図4】同実施形態に係る超音波振動子ユニットの製造工程の説明図。

【図5】同実施形態に係る超音波プローブにより得られるスライス方向に関する音場の特性図。

【図6】同実施形態に係る超音波プローブにより得られるスライス方向に関する送信音圧の特性図。

【図7】本発明の第2の実施形態に係る超音波振動子ユニットの斜視図。

【図8】同実施形態に係る超音波振動子ユニットの製造工程の説明図。

【図9】本発明の第3の実施形態に係る超音波振動子ユニットの斜視図。

【図10】同実施形態に係る超音波振動子ユニットの製造工程の説明図。

【図11】従来の超音波プローブを使用したときのスライス方向に関する音場の特性図。

20

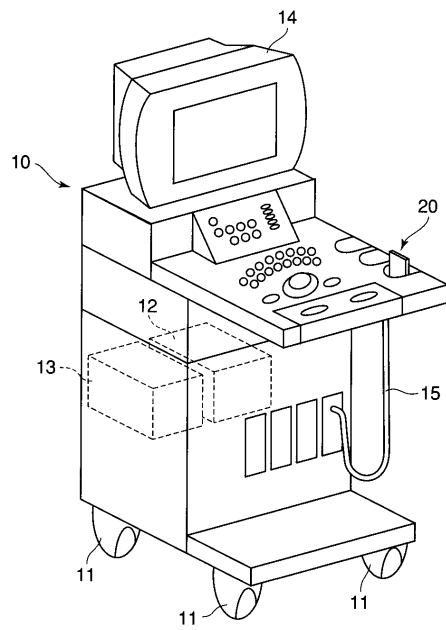
【符号の説明】

【0122】

12...送受信回路(送受信手段)、13...画像生成部(画像生成手段)、20...超音波プローブ、100...超音波振動子ユニット、110...圧電素子ユニット、111...圧電素子、120...接地電極ユニット、121...接地電極、130...誘電体層ユニット、131...誘電体層、1311...誘電体、140...信号電圧ユニット、141...信号電極、1411...信号電極片。

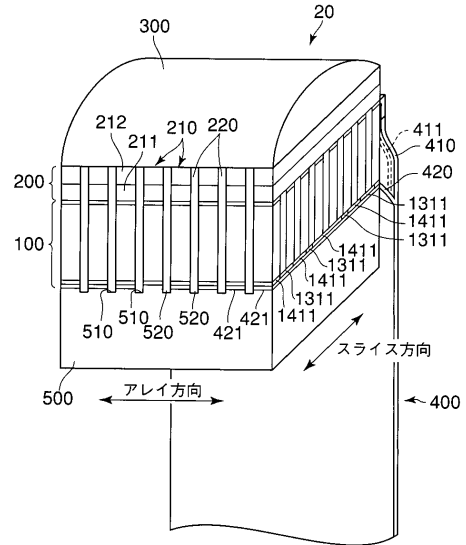
【 図 1 】

图 1



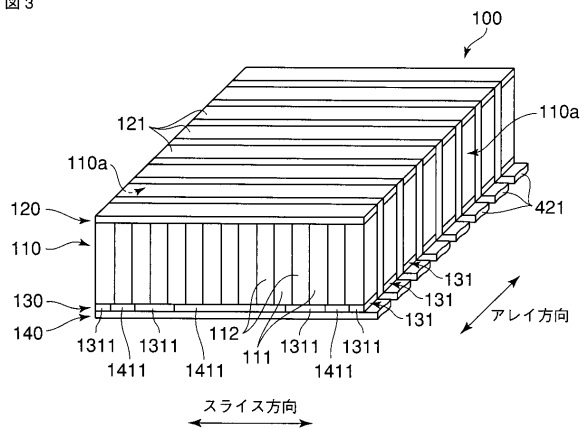
【 図 2 】

図 2



【 図 3 】

图 3



【 図 4 】

图 4

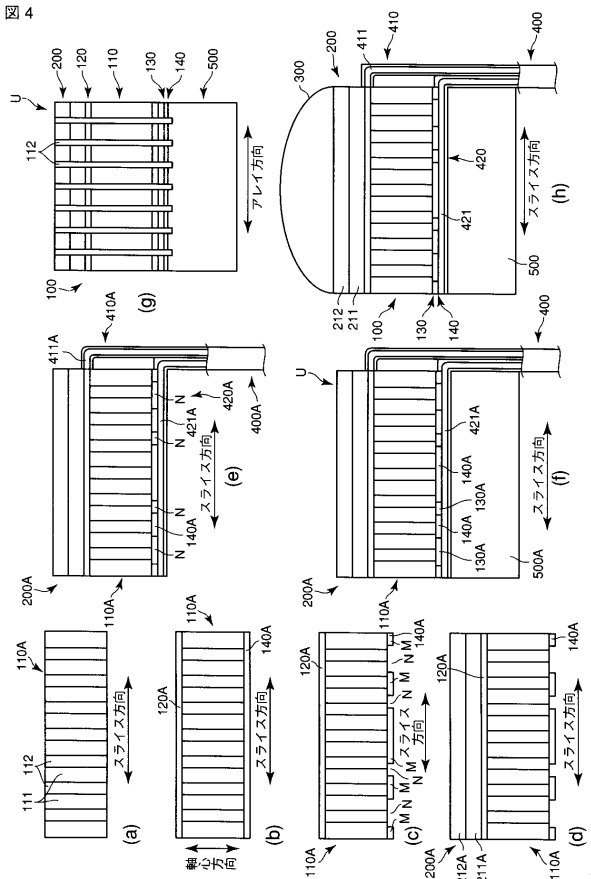


图 5

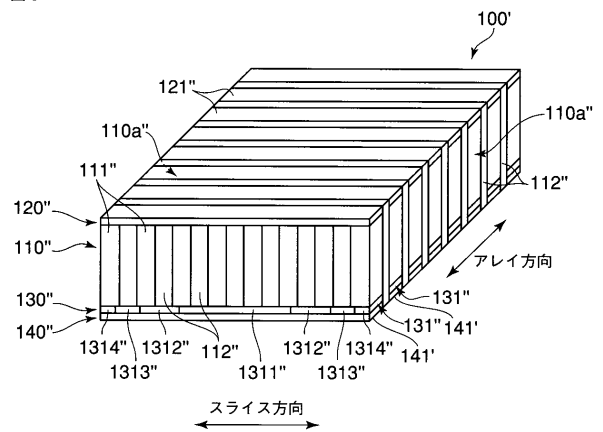
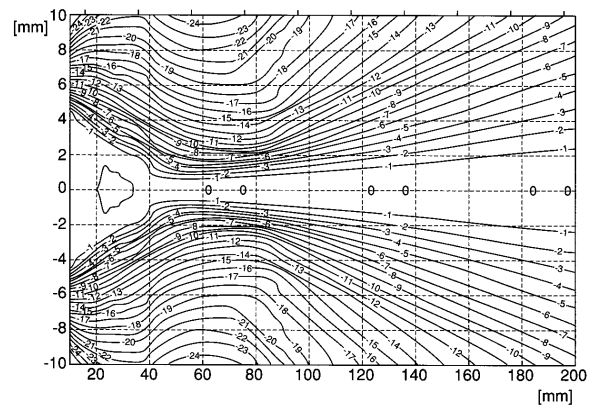


图 10



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 100109830
弁理士 福原 淑弘

(74)代理人 100084618
弁理士 村松 貞男

(74)代理人 100092196
弁理士 橋本 良郎

(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 牧田 裕久
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

(72)発明者 青木 稔
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 EE01 EE09 GA03 GB04 GB06 GB07 GB19 GB45 HH25
5D019 BB19 BB29 FF04 GG01 GG06

要解决的问题：提供一种超声波探头，能够简化超声波的发射强度和接收灵敏度的加权设计，实现波束宽度相对于切片方向的均匀化和切片声场中旁瓣的减少。 解决方案：超声换能器单元100包括位于压电元件单元110和信号电极单元140之间的介电层单元130。介电层单元130由沿切片方向排列的多个介电层131组成，并且每个介电层131连接到沿切片方向并置的多个压电元件111施加的电场的强度相对于切片方向加权。