

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5554096号  
(P5554096)

(45) 発行日 平成26年7月23日(2014.7.23)

(24) 登録日 平成26年6月6日(2014.6.6)

(51) Int.Cl.

H04R 17/00 (2006.01)  
A61B 8/00 (2006.01)

F 1

H04R 17/00 330J  
A61B 8/00

請求項の数 10 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2010-58759 (P2010-58759)  
 (22) 出願日 平成22年3月16日 (2010.3.16)  
 (65) 公開番号 特開2010-220218 (P2010-220218A)  
 (43) 公開日 平成22年9月30日 (2010.9.30)  
 審査請求日 平成25年3月4日 (2013.3.4)  
 (31) 優先権主張番号 12/406,731  
 (32) 優先日 平成21年3月18日 (2009.3.18)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 390041542  
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ  
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ  
 クタディ、リバーロード、1番  
 (74) 代理人 100137545  
 弁理士 荒川 智志  
 (74) 代理人 100105588  
 弁理士 小倉 博  
 (74) 代理人 100129779  
 弁理士 黒川 俊久  
 (72) 発明者 セルジュ・ジェラール・カリスティ  
 フランス、13006、ブーシュ・デュ・  
 ローヌ、マルセイユ、リュ・ブルトウイユ  
 、239番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】音響スタック、音響スタックを含む超音波プローブ及び、超音波プローブ向け音響スタックの整合層構造体を形成する方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

超音波プローブ(106)向け音響スタック(270)であって、  
 上側および下側を有する圧電層(272)と、  
 整合層構造体(220)を形成する複数の整合層部分(222、224、226、228  
 、230)であって、前記整合層部分(222～230)のそれぞれが、4分の1波長効  
 果を達成し、

第1の材料を含むばね層(234、236、238、240、242)、および  
 前記第1の材料と異なる第2の材料を含む質量層(244、246、248、250、2  
 52)を備え、

前記圧電層(272)に最も接近して配置される前記整合層部分(222)内の前記ばね  
 層(234)が、他の前記整合層部分(224～230)内の前記ばね層(236～24  
 2)より薄い整合層部分(222～230)とを備えることを特徴とする超音波プローブ  
 (106)向け音響スタック(270)。

## 【請求項 2】

前記圧電層(272)に最も接近して配置される前記整合層部分(222)が、前記圧電  
 層(272)から最も遠い前記整合層部分(230)の音響インピーダンスより大きい音  
 韻インピーダンスを備える請求項1記載の音響スタック(270)。

## 【請求項 3】

前記圧電層(272)と前記整合層構造体(220)との間および前記整合層構造体(2

10

20

20)とレンズ(274)との間のうち1つに配置された4分の1波長整合層部分(404)をさらに備える請求項1または2に記載の音響スタック(270)。

#### 【請求項4】

前記整合層部分(222～230)内で前記ばね層(234～242)の厚さ(256)が、前記圧電層(272)からの前記整合層部分(222～230)の距離の増加につれて増加し、前記整合層部分(222～230)内で前記質量層(244～252)の厚さ(254)が、前記圧電層(272)からの前記整合層部分(222～230)の距離の増加につれて減少する請求項1乃至3のいずれかに記載の音響スタック(270)。

#### 【請求項5】

前記整合層部分(222～230)のそれぞれが、単一の4分の1波長整合層の等価物となり、10

前記第1の材料が前記第2の材料より低密度である、請求項1乃至4のいずれかに記載の音響スタック(270)を含む超音波プローブ(106)。

#### 【請求項6】

超音波プローブ(106)向け音響スタック(270)の整合層構造体(220)を形成する方法であって、

下側(278)にはね層(234)を備え、かつ上側(282)に質量層(244)を備え、4分の1波長効果を達成する第1の整合層部分(222)を形成するステップであって、前記第1の整合層部分(222)の前記下側(278)が、圧電層(272)および4分の1波長整合層(404)のうちの1つに付着するように構成され、前記ばね層(234)がばね材料を含み、前記質量層(244)が、前記ばね材料より高いインピーダンスを有する質量材料を含む、第1整合層形成ステップと、20

下側(280)にはね層(236)を備え、かつ上側に質量層(246)を備える少なくとも1つの追加の整合層部分(224)を形成するステップであって、前記追加の整合層部分(224)の前記下側(280)が、前記第1の整合層部分(222)の前記上側(282)に付着するように構成され、前記ばね層(236)が前記ばね材料を含み、前記質量層(246)が前記質量材料を含む、追加の整合層形成ステップとを含む、ことを特徴とする音響スタック(270)の整合層構造体(220)の形成方法。

#### 【請求項7】

前記第1の整合層部分(222)および前記追加の整合層部分(224)が単一の4分の1波長整合層の等価物になる、請求項6記載の方法。30

#### 【請求項8】

前記第1の整合層部分(222)の音響インピーダンスを求めるステップ(376)と、前記音響インピーダンスおよび前記質量材料の少なくとも1つの材料特性および前記ばね材料の材料特性に基づいて、前記質量層(244、246)の厚さ(254、258)を求めるステップ(378)と、

前記音響インピーダンスおよび前記ばね材料の少なくとも1つの材料特性に基づいて、前記第1の整合層部分(222)が4分の1波長効果を達成するように前記ばね層(234、236)の厚さ(256、260)を求めるステップ(378)とをさらに含む請求項6または7に記載の方法。40

#### 【請求項9】

前記ばね材料が、関連する音響インピーダンスを有し、前記質量材料が関連する音響インピーダンスおよび材料波長を有し、前記質量材料の前記材料波長、前記質量材料の前記音響インピーダンスおよび前記ばね材料の前記音響インピーダンスに基づいて前記質量層(244、246)の厚さを求めるステップ(378)をさらに含む請求項6乃至8のいずれかに記載の方法。

#### 【請求項10】

前記ばね材料が、関連する音響インピーダンスおよび材料波長を有し、前記ばね材料の前記材料波長、前記ばね材料の前記音響インピーダンスに基づいて前記ばね層(234、236)の厚さ(256、260)を求めるステップ(378)をさらに含む請求項6乃至50

9のいずれかに記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本明細書に開示される主題は、一般に超音波プローブに関し、より詳細には、超音波プローブ内の音響スタックに関する。

【背景技術】

【0002】

超音波プローブは、一般に、それぞれがプローブの結像要素に相当する多くの音響スタックを有する。各音響スタックは、ともに積層構成に取り付けられたいいくつかの層を有する。スタック内の圧電層は、高インピーダンスを有する圧電セラミックなどの圧電材料で形成される。

10

【0003】

圧電層の上側に整合層が設けられ、高インピーダンスを有する圧電層と低インピーダンスを有するプローブの外部またはレンズとの間の音響インピーダンスを変換する。この低インピーダンスは、水、人、またはスキャンされることになる他の対象の音響インピーダンスに基づくものでよい。多くのプローブが、4分の1波長整合に基づく2つの整合層を含み、整合層のそれぞれが約4分の1波長の厚さである。各4分の1波長整合層は、限定された帯域幅内のインピーダンスを変換するように働く。2つの4分の1波長整合層を用いると、帯域幅の範囲が80パーセントと90パーセントとの間に限定される。より大きな帯域幅でインピーダンス整合を実現するには、多くの4分の1波長整合層が必要である。しかし、4分の1波長整合層の数が増加すると、スタックの厚さが大幅に増加し、信号減衰が増加する。さらに、積層材料をダイシングするのがますます困難になり、また、依然として所望の寸法形状およびインピーダンスを制御する一方で4分の1波長整合層のそれぞれ向けに適切な材料を見いだすのが困難なことがある。

20

【0004】

さらに、個別の4分の1波長整合層の代わりに、インピーダンスが連続的に変化する材料を用いた傾斜型整合層、または様々な音響インピーダンスを有する何層もの異なる材料を用いた段階型整合層を用いることが提案されている。しかし、これらの段階型整合層の構成は、必然的に、整合層の全体的厚さが厚すぎるものになる。優れた整合特性が達成されるのは、段階型整合層の厚さが、少なくとも1波長または2波長の範囲内にある場合のみである。この厚さでは、超音波信号の強い減衰が生じる。薄い層でなくより厚い層については、ダイシングが困難であり、大きなブレード突出し量が必要になるので、層の厚さのためにダイシング作業が非常に困難になる。しかし、段階型整合層が1波長未満の厚さであると、帯域幅における整合不良またはリンクギングが生じることになる。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】米国特許第6,822,373B1号公報

【発明の概要】

40

【課題を解決するための手段】

【0006】

一実施形態では、超音波プローブ向け音響スタックは、上側および下側を有する圧電層ならびに整合層構造体を形成する複数の整合層部分を備える。整合層部分のそれぞれが、第1の材料を含むばね層および第1の材料と異なる第2の材料を含む質量層を備える。圧電層に最も接近して配置される整合層部分内のはね層は、その他の整合層部分内のはね層より薄い。

【0007】

別の実施形態では、超音波プローブ向け音響スタックの整合層構造体を形成する方法は、下側にはね層を備え、上側に質量層を備える第1の整合層部分を形成するステップを含

50

む。第1の整合層部分の下側は、圧電層および4分の1波長整合層のうちの1つに付着するように構成される。ばね層はばね材料を含み、質量層は、ばね材料より高いインピーダンスを有する質量材料を含む。下側にはばね層および上側に質量層を備える少なくとも1つの追加の整合層部分が形成される。追加の整合層部分の下側は、第1の整合層部分の上側に付着するように構成される。ばね層はばね材料を含み、質量層は質量材料を含む。

#### 【0008】

さらに別の実施形態では、超音波プローブ向け音響スタックの整合層構造体を形成する方法は、ばね材料を含むばね層を形成し、ばね層の上に、質量材料を含む質量層を形成することにより第1の整合層部分を形成するステップを含む。質量材料は、ばね材料より高密度である。質量材料を含む質量層とばね材料を含むばね層とを交番させて形成することにより、第1の整合層部分の上にN個の整合層部分が形成される。

10

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0009】

【図1】本発明の一実施形態によって形成された超音波システムを示す図である。

【図2】本発明の一実施形態によって形成された3次元(3D)対応の小型超音波システムを示す図である。

【図3】本発明の一実施形態によって形成された移動式超音波結像システムを示す図である。

【図4】本発明の一実施形態によって形成された手持ち式またはポケットサイズの超音波結像システムを示す図である。

20

【図5】本発明の一実施形態によって形成された、超音波プローブ内で使用するための整合層構造体を示す図である。

【図6】図5の整合層構造体を構築するのに用いられる整合層部分の機械的性質の電気的等価物を与える4分の1波長伝送路向けに本発明の一実施形態によって形成された集中定数回路を示す図である。

【図7】本発明の一実施形態による図5の整合層構造体に基づく帯域幅性能の音響シミュレーションを示す図である。

【図8】本発明の一実施形態による図5の整合層構造体に基づく帯域幅性能の音響シミュレーションを示す図である。

【図9】本発明の一実施形態による図5の整合層構造体に基づく帯域幅性能の音響シミュレーションを示す図である。

30

【図10】本発明の一実施形態による図5の整合層構造体に基づく帯域幅性能の音響シミュレーションを示す図である。

【図11】本発明の一実施形態によるプローブの整合層構造体内に含む整合層部分の数を求める方法を示す図である。

【図12】本発明の一実施形態によって形成された整合層構造体および4分の1波長整合層の両方を含む音響スタックを示す図である。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0010】

本発明の特定の実施形態の上記概要ならびに以下の詳細な説明は、添付図面と共に読まれると一層よく理解されるであろう。図が様々な実施形態の機能ブロックの図を示す限りでは、機能ブロックは必ずしもハードウェア回路間の分割を示すものではない。したがって、例えば1つまたは複数の機能ブロック(例えばプロセッサまたはメモリ)が、ハードウェア単体(例えば汎用信号プロセッサまたはランダムアクセスメモリ、ハードディスクなど)で実施されてよい。同様に、プログラムは、スタンドアローンのプログラム、サブルーチンとしてオペレーティングシステムに組み込まれたもの、インストールされたソフトウェアパッケージ中の関数などでよい。様々な実施形態が、図に示された機構および手段に限定されないことを理解されたい。

40

#### 【0011】

本明細書に用いられる、単数形で、「ある」または「1つの」という語が先行して列挙

50

される要素またはステップは、前記要素またはステップのそのような複数形を除外することが明記されなければ、除外されないことを理解されたい。その上、本発明の「一実施形態」への言及は、これも列挙された特徴を内蔵するさらなる実施形態の存在を排除するよう<sup>10</sup>に解釈されることを意図するものではない。さらに、それと反対に、明記されなかつた場合は、特定の特性を有する1つまたは複数の要素を「備える」または「有する」実施形態は、その特性を有しない追加要素を含んでよい。

#### 【0012】

図1は、プローブ106内の要素（例えば圧電要素）の配列104を駆動して身体内へパルス状の超音波信号を発する送信器102を含む超音波システム100を示す。（図5および図12に示されるように）プローブ106は、整合層構造体を含んでよい。要素104は、例えば1次元または2次元に配置されてよい。様々な幾何学的配置が用いられてよい。システム100は、プローブ106を受けるためのプローブポート120を有してよく、あるいはプローブ106はシステム100に結線で接続されてよい。

#### 【0013】

超音波信号は、身体内の脂肪組織または筋組織のような組織から後方散乱され、要素104へ戻るエコーを生成する。エコーは受信器108によって受け取られる。受け取られたエコーは、ビーム形成を行って無線周波数（RF）信号を出力するビームフォーマ110を通過する。次いで、RF信号はRFプロセッサ112を通過する。あるいは、RFプロセッサ112は、RF信号を復調して、エコー信号を表す位相一致2次（IQ）データ対を形成する複合復調器（図示せず）を含んでよい。次いで、RF信号またはIQ信号のデータは、記憶のためにメモリ114へ直接送られてよい。

#### 【0014】

超音波システム100は、取得した超音波情報（例えばRF信号データまたはIQデータ対）を処理して表示器118上に表示するために超音波情報のフレームを用意するよう<sup>20</sup>に、プロセッサモジュール116も含む。プロセッサモジュール116は、取得された超音波情報上の複数の選択可能な超音波の特徴的属性に従って1つまたは複数の処理動作を行うように適合される。取得された超音波情報は、エコー信号が受信されるとき、スキャン期間中にリアルタイムで処理され、かつ表示されてよい。それに加えて、またはその代わりに、超音波情報は、スキャン期間中にメモリ114またはメモリ122に一時的に保存され、次いでオフライン動作で処理され、かつ表示されてよい。

#### 【0015】

ユーザインターフェース124は、システム100へのデータ入力、設定の調整、およびプロセッサモジュール116の動作の制御に用いられてよい。ユーザインターフェース124は、キーボード、トラックボールおよび/またはマウス、複数のノブ、スイッチまたはタッチスクリーンなどの他の入力デバイスを有してよい。表示器118は、ユーザに<sup>30</sup>対して、診断および分析のための超音波診断画像を含む患者の情報を表示する1つまたは複数のモニタを含む。メモリ114およびメモリ122の一方または両方が超音波データの2次元（2D）および/または3次元（3D）のデータセットを保存してよく、そのようなデータセットは2Dおよび/または3Dの画像を表示するためにアクセスされる。複数の連続した3Dデータセットも、リアルタイムの3Dまたは4次元（4D）の表示器をもたらすためなど、時間にわたって取得され、かつ保存されてよい。画像は変更されてよく、また、表示器118の表示設定もユーザインターフェース124を用いて手動で調整されてよい。

#### 【0016】

図2は、整合層構造体を含み得るプローブ132を有する3D対応の小型超音波システム130を示す。プローブ132は、3D超音波データを取得するように構成されてよい。例えば、図1のプローブ106に関して以前に論じられたように、プローブ132は、変換器要素104の2Dの配列を有してよい。ユーザインターフェース134（これも一体化された表示器136を含んでよい）が設けられて、オペレータから命令を受け取る。

#### 【0017】

10

20

30

40

50

本明細書に用いられる「小型」は、超音波システム 130 が、手持ち式デバイスまたは自分で運ぶデバイスであるか、あるいは人の手、ポケット、ブリーフケース大の容器、またはバックパックで運搬するように構成されることを意味する。例えば、超音波システム 130 は、例えば奥行き約 2.5 インチ、幅約 14 インチ、および高さ約 12 インチの寸法の一般的なラップトップコンピュータのサイズを有する手持ち式デバイスでよい。超音波システム 130 は重さ約 10 ポンドであり得て、したがってオペレータによって容易に持ち運び可能である。一体化された表示器 136（例えば内蔵表示器）も設けられ、医療用画像を表示するように構成される。

#### 【0018】

超音波データは、有線または無線のネットワーク 140（あるいは例えばシリアルもしくはパラレルのケーブルまたは USB ポートを介した直接接続）によって外部デバイス 138 へ送られてよい。いくつかの実施形態では、外部デバイス 138 は、表示器を有するコンピュータまたはワークステーションでよい。あるいは、外部デバイス 138 は、持ち運び型超音波システム 130 から画像データを受け取ることができ、一体化された表示器 136 より大きな分解能を有する画像を表示するかまたは印刷することができる個別の外部表示器またはプリンタでよい。様々な寸法、重さおよび電力消費の小型超音波システムと関連して、様々な実施形態が実施され得ることに留意されたい。

10

#### 【0019】

図 3 は、可動ベース 146 上に設けられた移動式超音波画像診断システム 144 を示す。超音波画像診断システム 144 は、カートベースのシステムと称されてもよい。表示器 142 およびユーザインターフェース 148 が設けられるが、表示器 142 は、ユーザインターフェース 148 から分離しているかまたは分離可能でよいことを理解されたい。システム 144 は、整合層構造体を含み得るプローブ（図示せず）を受けるために少なくとも 1 つのプローブポート 150 を有する。

20

#### 【0020】

ユーザインターフェース 148 は、適宣タッチスクリーンでよく、オペレータは、表示された図、アイコンなどに触れることにより選択肢を選択することができる。ユーザインターフェース 148 は、望まれたとき、または必要に応じて、かつ／または通常設けられているとき、超音波画像診断システム 144 を制御するのに用いることができる制御ボタン 152 も含む。ユーザインターフェース 148 は、ユーザが、表示され得る超音波データおよび他のデータと相互作用するために、また、情報を入力し、走査パラメータを設定しきつ変更するために、物理的に操作することができる複数のインターフェース選択肢を提供する。インターフェース選択肢は、特定入力、プログラマブル入力、文脈入力などに用いられ得る。例えば、キーボード 154 およびトラックボール 156 が設けられてよい。

30

#### 【0021】

図 4 は、手持ち式またはポケットサイズの超音波画像診断システム 170 を示し、表示器 172 およびユーザインターフェース 174 が單一ユニットを形成する。一例として、ポケットサイズの超音波画像診断システム 170 は、幅約 2 インチ、長さ約 4 インチ、かつ奥行き約 0.5 インチで重さが 3 オンス未満でよい。表示器 172 は、例えば 320 × 320 ピクセルのカラー LCD 表示器（これに医療用画像 176 が表示され得る）でよい。適宣、ユーザインターフェース 174 には押しボタン 182 のタイプライタ状キーボード 180 が含まれてよい。整合層構造体を含み得るプローブ 178 が、システム 170 と相互に接続される。

40

#### 【0022】

多機能制御 184 は、それぞれシステム操作のモードに従って機能を割り当てられてよい。したがって、多機能制御 184 のそれぞれが複数の様々な動作をもたらすように構成されてよい。必要に応じて、表示器 172 上に多機能制御 184 に関連したラベル表示領域 186 が含まれてよい。システム 170 は、特殊用途の機能のために追加のキーおよび／または制御 188 も有してよく、それらは、「静止」、「深度制御」、「利得制御」、

50

「カラー モード」、「プリント」、および「保存」を含んでよいが、これらには限定されない。

#### 【0023】

本明細書で説明されたような整合層構造体は、4分の1波長整合層または段階型整合層の少なくとも1つの代わりに、超音波プローブ106の音響スタック内に用いられてよい。少なくとも1つの実施形態の技術的効果は、整合層構造体によって実現される段階型インピーダンステーパーを近似するのに、集中型の機械的整合回路（本明細書では集中定数回路とも称される）に基づく機械的等価物を用いてよいことである。集中型の機械的整合回路の実用的な実現は、選択された機械的性質を有する薄い材料層の組合せを用いて形成される。様々な機械的性質を有する層の組立体は、等価質量およびばねの発振器を模倣することになる。10

#### 【0024】

整合層構造体は、本明細書では整合層部分と称される整合層等価物の少なくとも2つの部分を含む。整合層部分のそれぞれが、層内に形成され得る少なくとも2つの材料を含む。この2つの材料は、材料の機械的性質に基づいて選択される。例えば、本明細書ではね材料と称される材料のうちの1つは、エポキシ樹脂ベースの負のフォトレジストのS U 8（登録商標）またはポリイミド材料のK a p t o n（登録商標）など、高分子またはフィルムなどの比較的低損失かつ低密度の材料であり、1.5メガレイル（M R）未満の音響インピーダンスを有してよい。本明細書で質量材料と称されるもう一方の材料は、タンゲステン、銅または他の金属など比較的高密度の材料であり、30 M Rにより近い音響インピーダンスを有してよい。他の材料を用いてよいことを理解されたい。整合層部分のそれぞれは、例えば約50マイクロメートル（ $\mu m$ ）である4分の1波長よりはるかに薄い厚さを有するが、他の厚さが企図される。20

#### 【0025】

整合層部分は、各整合層部分の材料のそれぞれの量または割合を調整することにより形成される。例えば、最高のインピーダンスを有する整合層部分は、質量材料が最高の割合であってばね材料が最低の割合であり、また、最低のインピーダンスを有する整合層部分は、質量材料が最低の割合であってばね材料が最高の割合である。最高のインピーダンスを有する整合層部分は、スタック内の圧電層に最も接近して配置され、また、最低のインピーダンスを有する整合層部分は、低インピーダンスの媒体と整合するとき、レンズに最も接近して配置される。30

#### 【0026】

図5は、5つの同等な整合層部分を有する整合層構造体220を示す。整合層部分の他の数を用いてよいことを理解されたい。整合層部分は、第1の整合層部分（M L 1）222、第2の整合層部分（M L 2）224、第3の整合層部分（M L 3）226、第4の整合層部分（M L 4）228および第5の整合層部分（M L 5）230と称されてよい。整合層構造体220は、厚さ276を有し、少なくとも1つの圧電層272を有する音響スタック270内に含まれる。スタック270上にレンズ274が形成されてよい。図示されていないが、スタック270内には、不整合層部分、支持ブロック、4分の1波長層など追加の整合層等の付加層が含まれてよい。40

#### 【0027】

整合層部分222～230のそれぞれは、質量材料およびばね材料の両方を含む厚さ232を有する。一実施形態では、それぞれの整合層部分222～230は、同一の厚さ232を有してよい。別の実施形態では、整合層部分222～230の厚さ232が変化してよい。整合層部分222～230の厚さは説明だけの目的で示されており、圧電層272およびレンズ274の厚さに対して原寸に比例しないことに留意されたい。

#### 【0028】

整合層部分222～230のそれぞれは質量層およびばね層を備える。いくつかの実施形態では、整合層部分222～230の1つまたは複数が、質量層だけ、またはばね層だけを含んでよい。用語「ばね層」は、質量層に付着したとき、機械インピーダンスが主と50

してばねと同様に働く層をもたらす厚さおよび特定のインピーダンスを有する材料の層を指す。用語「質量層」は、ばね層に付着したとき、機械インピーダンスが主として質量と同様に働く層をもたらす厚さおよび特定のインピーダンスを有する材料の層を指す。第1の整合層部分222は、ばね層234および質量層244を含む。第2の整合層部分224は、ばね層236および質量層246を含む。第3の整合層部分226は、ばね層238および質量層248を含む。第4の整合層部分228は、ばね層240および質量層250を含む。第5の整合層部分230は、ばね層242および質量層252を含む。ばね層234～242および質量層244～252のそれぞれが、ある厚さ（以下でさらに論じる）を有するが、いくつかの実施形態では、ばね層および質量層のそれぞれの厚さが、製造プロセスに基づいて整合層部分222～230にわたってわずかに変化することがある。

10

#### 【0029】

整合層部分222～230のそれぞれに関して、ばね材料に対する質量材料の比または割合は、伝送路に沿って音響インピーダンスの所望の変化を達成するために変化させてよい。第1の整合層部分222の下側278は、導電性の、のり、接着剤または他の材料などで圧電層272に付着される。圧電層272の音響インピーダンスと整合するために、第1の整合層部分222は整合層部分222～230のすべての中で最高のインピーダンスを有する。最高のインピーダンスを達成するために、第1の整合層部分222は、他の整合層部分224～230と比較して質量材料の割合または比率が最も大きい。したがって、圧電層272より低いインピーダンスを有する水またはレンズ274などの媒体に対して整合するとき、実際の材料については、一般に、質量層244の厚さ254は、他の整合層部分224～230のうちいかなる質量層246～252の厚さより大きく、また、実際の材料については、一般に、ばね層234の厚さ256は、他の整合層部分224～230のうちいかなるばね層236～242の厚さより薄い。

20

#### 【0030】

第2の整合層部分224の下側280が、第1の整合層部分222の上側282に付着される。第2の整合層部分224の音響インピーダンスは、第1の整合層部分222の音響インピーダンスより低い。より低い音響インピーダンスを達成するために、第2の整合層部分224に混合する質量材料は、第1の整合層部分222に混合する質量材料より、相対的に少量である。したがって、質量層246の厚さ258は、質量層244の厚さ254より薄い。また、ばね層236の厚さ260は、ばね層234の厚さ256より大きい。整合層構造体220の全体にわたってこのパターンが繰り返され、その結果、第5の整合層部分230が、整合層部分222～230のすべての中で最低の音響インピーダンスを有する。最低の音響インピーダンスを達成するために、第5の整合層部分230は、他の整合層部分222～228のすべてと比較して、混合される質量材料が最も少量である。したがって、質量層252の厚さ262は、他の質量層244～250のうちいかなる質量層の厚さより薄く、また、ばね層242の厚さ264は、他のばね層234～240のうちいかなるばね層の厚さより厚い。換言すれば、ばね層234～242は、圧電層272からの距離が増加するにつれて連続的に増加する厚さを有してよく、その一方で、質量層244～252は、圧電層272からの距離が増加するにつれて連続的に減少する厚さを有してよい。別の実施形態では、厚さの変化が連続的でなくてよく、すなわち、1つまたは複数のばね層234～242が別のばね層234～242と同一の厚さを有してよく、また、1つまたは複数の質量層244～252が別の質量層244～252と同一の厚さを有してよい。さらに別の実施形態では、質量またはばねの層のうち一方の厚さを一定に保ってよく、他方の層の厚さを減少または増加させる。

30

#### 【0031】

図6は、図5の整合層構造体220を構築するのに用いられる整合層部分222～230の機械的性質の電気的等価回路を与える、4分の1波長伝送路向けの集中定数回路200を示す図である。換言すれば、集中定数回路200内の電子素子（例えばコイル、コンデンサなど）は、ばね層材料および質量層材料の音響特性を推定するのに用いられ得る。

40

50

したがって、集中定数回路 200 は、ばね層 234 ~ 242 と質量層 244 ~ 252 との関連を示す。この例では、集中定数回路 200 は、整合層構造体 220 内の 1 つの整合層部分 222 ~ 230 に相当する。整合層部分 222 ~ 230 のそれぞれが、個別の集中定数回路 200 によって表されることになる。集中定数回路 200 は、3 つのコイル 202 、 204 および 206 ならびに 2 つのコンデンサ 208 および 210 を有する。別の実施形態では、回路 200 の最も簡単な形式では、單一コイルおよび單一コンデンサが用いられてよく、他の実施形態では、異なる数のコイルおよびコンデンサが用いられてよい。ばね層 234 ~ 242 は、コンデンサ 208 および 210 の静電容量によって特徴づけられてよく、また、質量層 244 ~ 252 は、コイル 202 ~ 206 のインダクタンスによって特徴づけられてよい。

10

## 【0032】

図 6 に示される例は、4 分の 1 波長層の機能を模倣するために、3 つの質量層（コイル）および 2 つのばね層（コンデンサ）をシミュレートするが、少なくとも所望の相対的帯域幅次第で、他の構成を用いてこの機能が達成され得ることを理解されたい。最も簡単な構成では、上記で論じられたように、單一コイルおよび單一コンデンサを用いてよい。図 6 は、整合層部分の構造体についての物理的解釈を説明するのに用いられてよい。一般解も、標準的 L C 梯子型フィルタ理論によって解析されてよい。

## 【0033】

整合層部分 222 ~ 230 を構築するのに用いられる、質量層およびばね層の機械的性質の電気的等価物は、式 1 および式 2 で与えられる。

20

## 【0034】

## 【数 1】

$$LS := \frac{ZL \cdot 4}{\omega r \cdot \pi^2}$$

## 【0035】

(1)

$$CP := \frac{1}{ZL \cdot \omega r \cdot \sqrt{2}}$$

30

## 【0036】

(2)

したがって、集中定数回路 200 の例のインダクタンス（LS）および静電容量（CP）の値は、整合層部分 222 ~ 230 の回線インピーダンス（ZL）（例えば音響インピーダンス）およびプローブ 106 の中心周波数の共振周波数  $r$  に基づくものである。4 分の 1 波長効果は、 $(LS + CP)$  と  $(2 \times LS + CP)$  とのセルの連続した結合によって達成される。ZL は、選択されたインピーダンス値または所定のインピーダンス値でよく、あるいは以下でさらに論じるように、計算されたものでよい。

## 【0037】

質量層およびばね層の電気的等価物の組合せは、整合層部分 222 ~ 230 のうちの 1 つをモデル化するための特性を与える。整合層部分 222 ~ 230 のそれぞれに関して LS および CP を計算するために式 1 および式 2 が繰り返され、ここで、整合層部分 222 ~ 230 のそれぞれが異なる ZL を有する。以前に論じられたように、各整合層部分 222 ~ 230 に関する ZL は圧電層 272 から遠ざかる方向に低下する。したがって、適切な素子を有する少なくとも 2 つの回路 200 を互いにカスケード接続してよく、共振周波数  $r$  のあたりで大きな帯域幅の整合を達成する。各整合層部分 222 ~ 230 に関する LS および CP の値は、メーソンモデル（Mason model）とも称される提案された音響スタック 270 の電気的シミュレーションに用いられてよく、電気的素子を音響構造体に整合させることが可能になる。

40

## 【0038】

50

図7～図10は、スタック270内の整合層構造体220に基づく、帯域幅性能の音響シミュレーションを示す。シミュレーションを計算するとき、整合層部分222～230の厚さ276は、材料特性を最適化しない標準的メーソンモデル、すなわち整合層部分222～230における回折法則およびレンズ減衰を考慮に入れないモデルに基づくものでよい。音響シミュレーション300、302、330および332は、それぞれ式1および式2で計算されたインダクタンス値および静電容量値を用いて計算してよい。

#### 【0039】

プローブ106を設計するとき、プローブ仕様を満たすのに必要な整合層部分222～230の最少数が特定されるようにスタック構造をシミュレートしてよい。整合層部分がより少なければ厚さ276がより小さくなり、減衰が改善する。規定され得るパラメータの1つに、-6デシベル(dB)および-20dBにおける所望の帯域幅がある。他のパラメータも考慮してよい。10

#### 【0040】

図7および図8は、それぞれ、スタック270内に整合層構造体220を組み込んだプローブ106に基づいて計算したプローブ伝達関数の音響シミュレーション300および302を示す。図7では、500μmの全体の厚さ276を有する10個の整合層部分222～230が用いられている。図8では、250μmの全体の厚さ276を有する5つの整合層部分222～230が用いられている。シミュレーションは、3メガヘルツ(MHz)の中心周波数の配列に基づくものである。

#### 【0041】

図7は、単純伝送路すなわち片方向伝送路の304および両方向伝送路306を示す。図8は、片方向伝送路316および両方向伝送路318を示す。両方向伝送路306および318は、超音波信号がスタック270を(例えば信号の送信および受信で)2回通つて進むことによる帯域幅の減少を示している。換言すれば、信号の送受信を考慮するとき、総合減衰量がより大きい。図7では、より多くの整合層部分があるので、伝送路304および306は、伝送路316および318と比較して、帯域幅にわたって、より大きなリップルがある。一実施形態では、例えば梯子型フィルタ合成アルゴリズムを用いた層特性の細密調整によって、リップル振幅を低減することができる。5つの整合層部分を有する整合層構造体が所望の性能をもたらすかどうか判断するために、両方向伝送路306と318との間などで帯域幅を比較してよい。5未満の数または5と10との間の任意数の整合層部分を用いて、さらなるシミュレーションを行ってよい。また、10を上回る数の整合層部分を有する整合層構造体220が企図される。いくつかの実施形態では、プローブ仕様を満たす整合層部分222～230の最少数を特定するためにシミュレーションを行ってよい。20

#### 【0042】

同様に、図9および図10は、それぞれ、スタック270内に整合層構造体220を組み込んだプローブ106に基づいて計算したプローブ伝達関数の音響シミュレーション330および332を示す。シミュレーション330および332は、8MHzの中心周波数の配列に基づくものである。図9では、500μmの全体の厚さ276を有する10個の整合層部分222～230が用いられている。図10では、250μmの全体の厚さ276を有する5つの整合層部分222～230が用いられている。30

#### 【0043】

図9は、片方向伝送路334および両方向伝送路336を示す。図10は、片方向伝送路346および両方向伝送路348を示す。再び、プローブ仕様を満たす整合層部分222～230の最少数を特定するために、2つのシミュレーション330と332との間の帯域幅性能を比較してよい。

#### 【0044】

機械的性質、すなわち式1および式2中のもののようなインダクタンスおよび静電容量などの単なる電気的伝送路パラメータではなく、質量とばねとの振動モードへの伝送路パラメータの変換は、单一の4分の1波長整合層の等価物になる2層構造体(例えば整合層

10

20

30

40

50

部分 222～230 うちの 1 つ)において重い材料(質量)と弾性材料(ばね)との連係によって達成される。2 層構造体の対象となる音響インピーダンス ZL と 2 つの層のそれぞれの有効な機械的厚さとの関係は、式 3 および式 4 を用いて求めることができる。

## 【0045】

## 【数 2】

$$T_{\text{mass}}(n) := \frac{\lambda m}{2\pi} \cdot \frac{ZL \left( 1 - \frac{zs^2}{ZL^2} \right)}{zm}$$

## 【0046】

10

(3)

$$T_{\text{spring}}(n) := \frac{\lambda s}{2\pi} \cdot \frac{zs}{ZL}$$

## 【0047】

(4)

式 3 は、質量層の厚さ ( $T_{\text{mass}}$ ) を、整合層インピーダンス ( $ZL$ )、重い材料すなわち質量 ( $m$ ) 材料の特性およびばね ( $s$ ) 材料の特性、すなわち質量材料の波長 ( $m$ )、質量材料の音響インピーダンス ( $zm$ )、ならびにばね材料の音響インピーダンス ( $zs$ ) の関数として示す。式 4 は、ばね層の厚さ ( $T_{\text{spring}}$ ) を、整合層インピーダンス ( $ZL$ ) およびばね ( $s$ ) 材料の特性、すなわちばね材料の波長 ( $s$ )、ならびにばね材料の音響インピーダンス ( $zs$ ) の関数として示す。式 3 および式 4 は、整合層インピーダンスを変化させることにより整合層部分 222～230 のそれぞれを説明するのに用いられてよい。

20

## 【0048】

図 11 は、プローブ 106 の整合層構造体 220 内に含む整合層部分 222～230 の数を求める方法を示す図である。370 で、プローブ 106 の寸法形状ならびに目標性能または所望の性能が決定される。例えば中心周波数が選択される。また、-6dB および -20dB でのそれぞれの帯域幅の割合など、帯域幅の割合が規定されてよい。

30

## 【0049】

372 で、ばね層 234～242 および質量層 244～252 向けに材料が選択される。例えば、ばね材料に SU8 (登録商標) を選択してよく、質量材料にタンゲステンを選択してよい。他の材料を用いてよい。一実施形態では、ばね層 234～242 のすべてに同一のばね材料を用いてよく、また、質量層 244～252 のすべてに同一の質量材料を用いてよい。別の実施形態では、層 234～252 の 1 つまたは複数で、異なるばね材料および / または質量材料を用いてよい。

## 【0050】

374 で、シミュレートされることになる整合層部分 222～230 の数が求められる。以前に論じたように、所望の性能をもたらす整合層部分 222～230 最少数を求めるために、整合層部分 222～230 の様々な数を用いてプローブ性能をシミュレートしてよい。あるいは、3、5 または 10 個の整合層部分 222～230 など、整合層部分 222～230 の所定数を選択してよい。別の実施形態では、検討されることになる整合層部分 222～230 の最少数として、2 つまたは 3 つの整合層部分 222～230 を選択してよい。

40

## 【0051】

376 で、整合層部分 222～230 のそれぞれについて音響インピーダンスを求めてよい。一実施形態では、整合層部分 222～230 のそれぞれについての音響インピーダンスは、指數関数的に低下する音響インピーダンス、規則的に低下する音響インピーダンス、または圧電層の高い音響インピーダンス (一実施形態では 30 M Ray でよい) から

50

レンズの低い音響インピーダンス（一実施形態では 1 . 5 M R a y でよい）へ音響インピーダンスが低下する他の曲線に基づくものでよい。別の実施形態では、不整合技術については、整合層部分 222 ~ 230 に対する目標の音響インピーダンスは以下の式 5 および式 6 を用いて求めることができ、

【 0 0 5 2 】

【 数 3 】

$$ZRCKSym(N, k) := \left[ ZC \cdot \left( 1 - k^2 + \frac{8}{\pi^2} \cdot k^2 \right)^2 \cdot \cos(k) \right]^{2N} \cdot ZR^{\frac{1}{2N+1}}$$

10

【 0 0 5 3 】

( 5 )

$$ZmL_{(N, n, k)} := \left( \frac{ZRCKSym(N, k)}{ZR} \right)^{\frac{2(N-n)+1}{2N}} \cdot ZR$$

【 0 0 5 4 】

( 6 )

この式で、 Z C は圧電層 272 の音響インピーダンスであり、 Z R は放射媒体の音響インピーダンスであり、 r ( k ) は圧電結合係数次第である共振周波数（パルセーション）であり、 k は結合係数であり、 N は整合層部分の数であり、 n は圧電層 272 からレンズ 274 に向けて数えて n 番目の整合層部分に関するカウンタであり、 Z m L \_ ( N , n , k ) は n 番目の整合層部分の音響インピーダンスである。したがって、整合層部分 222 ~ 230 の音響インピーダンスは、プローブ 106 の共振周波数（ r ）、圧電層 272 の音響インピーダンス（または、もし用いられるなら 4 分の 1 波長整合層の音響インピーダンス）およびレンズ 274 の音響インピーダンスの少なくとも 1 つに基づくものでよい。他の技術に関する様々な式を用いて、整合層部分 222 ~ 230 の音響インピーダンスを求めてよいことを理解されたい。別の実施形態では、整合層部分 222 ~ 230 の 1 つまたは複数向けに様々な材料が選択されてよい。例えば、比較的低いインピーダンスを有するばね材料がレンズ 274 に最も近い層に選択されてよく、その一方で、比較的高いインピーダンスを有する別のはね材料が圧電層 272 に最も近い整合層部分に選択されてよい。

20

【 0 0 5 5 】

一実施形態では、整合層部分 222 ~ 230 のそれぞれの中の質量層 244 ~ 252 およびばね層 234 ~ 242 のそれぞれの厚さを、 378 で、式 3 および式 4 を用いるなどして音響インピーダンスに基づいて求めてよい。したがって、整合層構造体 220 の全体の厚さ 276 が許容できるかどうか判断することができ、許容できる量の信号減衰がもたらされる。また、以下でさらに論じられるように、製造プロセス中に質量層 244 ~ 252 およびばね層 234 ~ 242 が形成され、いくつかの実施形態では、一定の許容範囲内で材料の特定の層を形成することに対して材料の特性および生産能力に基づく制約があり得る。

30

【 0 0 5 6 】

380 で、図 7 ~ 図 10 のグラフを生成するために式 1 および式 2 で計算された静電容量およびインダクタンスを用いるなどして音響性能を計算する。382 で、音響性能が許容できるかどうか判断する。さらに、質量層 244 ~ 252 およびばね層 234 ~ 242 の厚さならびに整合層構造体 220 の全体の厚さ 276 が許容できるかどうか判断してよい。一実施形態では、帯域幅性能が許容できないとき、この方法は、多くの整合層部分 222 ~ 230 を規定するために 374 へ戻ってよい。別の実施形態では、帯域幅性能が許容できるとき、この方法は、最も薄い整合層構造体 220 が特定されているかどうか判断

40

50

するために、整合層部分 222～230 のより少ない数を規定するように 374 へ戻つてよい。例えば、プローブ 106 の性能を依然として満たしながら、整合層構造体の数が最少であること、したがって信号減衰（例えば伝搬損）が最低量であることが望ましい。また、整合層部分 222～230 がより少ないと、製造するのが簡単であり、コスト低減をもたらす。いくつかの実施形態では、目標性能を達成する整合層部分 222～230 の最少数を求めるために、図 11 の方法を、整合層部分 222～230 の様々な数を選択して複数回行ってよい。さらに別の実施形態では、例えば性能が許容できないとき、または利用可能な製造技術に基づいて整合層構造体 220 を実現するのが困難である恐れがあるとき、この方法は、質量層 244～252 およびばね層 234～242 の 1 つまたは複数について別の材料を選択するように、372 へ戻つてよい。

10

#### 【0057】

別の実施形態では、4 分の 1 波長整合層を含むスタックを形成してよい。図 12 は、整合層構造体 402 および 4 分の 1 波長整合層 404 の両方を含む音響スタック 400 を示す。4 分の 1 波長整合層 404 の下側 406 は圧電層 410 の上側 408 に付着しており、また、整合層構造体 402 は、4 分の 1 波長整合層 404 の上側 412 に付着している。

#### 【0058】

一実施形態では、ばね材料を選択するとき、さらなる柔軟性をもたらすために、スタック 400 内に 4 分の 1 波長整合層 404 が含まれてよい。例えば、比較的低いインピーダンスを有するばね材料を選択してよく、レンズ 414 に最も近い整合層構造体 402 内の整合層部分に関して、より適切なインピーダンス整合が可能になる。

20

#### 【0059】

別の実施形態では、整合層構造体 402 とレンズ 414 との間に 4 分の 1 波長整合層 404 を配置してよい。

#### 【0060】

整合層構造体 220 および 402 内に質量層 244～252 およびばね層 234～242 を形成するのに用いることができる方法がいくつかある。用いられる方法の 1 つに、マイクロエレクトロニクス技術およびウェハ処理に基づくものがある。ばね材料は特別な処理を施されたフォトレジストでよく、例えば、ばね材料の音響インピーダンス要件に適合する密度 / 速度特性を与えるために負荷がかけられる。質量材料は、質量材料の音響インピーダンス要件に適合する密度 / 速度特性を有する金属でよい。質量材料は、タンゲステンなど、任意の比較的密で堅い材料でよいが、これには限定されない。質量材料およびばね材料は、どちらも可変厚さを挿む製造に適合する必要がある。

30

#### 【0061】

一実施形態では、ばね材料としてフォトレジストまたは SU8（登録商標）などの高分子を用いてよく、マイクロエレクトロニクスのフォトリソグラフィを用いてパターニングすることができる。例えば、SU8（登録商標）の層は、所望厚さを形成するためにスピノコーティングしてよい。別の実施形態では、材料密度を低下させるために、レンズ 274 に近い 1 つまたは複数の整合層部分 222～230 上に、所望の密度に達するようにドットパターンが完成されてよい。さらに別の実施形態では、質量層を形成する金属は真空蒸着されてよい。

40

#### 【0062】

整合層構造体 220 は、スタック 270 の他の層と分離して形成されてよい。一実施形態では、整合層構造体 220 を構築するのに用いられたシリコンウェハ上に、二酸化ケイ素 (SiO<sub>2</sub>) の層を堆積してよい。整合層構造体 220 を構築するために行うマスキングおよびエッチングの作業中に、整合層構造体 220 の全体に及ぶ、あるいは全体を通して伸びる穴を形成してよい。質量層 244～252 およびばね層 234～242 のすべてが形成されたとき、穴を通して SiO<sub>2</sub> 層に SiO<sub>2</sub> エッチング液を供給してよい。SiO<sub>2</sub> 層を完全にエッチングすると、シリコンウェハから整合層構造体 220 を解放することになる。

50

## 【0063】

別の実施形態では、ラミネーションによって整合層構造体220を形成してよい。したがって、ばね層234～242は、前もって形成されたKapton(登録商標)などの材料の層を用いて形成してよく、また、質量層244～252は、前もって形成された銅などの金属素材の層を用いて形成してよい。所望の音響インピーダンスを達成するために様々な整合層部分222～230を形成するのに、ばね層234～242および質量層244～252の様々な厚さを用いてよい。第1の整合層部分222を形成するために、ばね材料(例えばばね層234)の層の上に金属材料の層(例えば質量層244)を積層してよい。金属材料の層(例えば質量層244)の上にはね材料の第2の層(例えばばね層236)を積層してよく、ばね材料の第2の層(例えばばね層236)の上に金属材料の第2の層(例えば質量層246)を積層するなどしてよい。

10

## 【0064】

さらに別の実施形態では、材料の堆積を可能にする技術であるデジタルマイクロプリンタを用いて整合層構造体220を形成してよい。

## 【0065】

上記の説明は、例示であって限定するためのものでないよう意図されていることを理解されたい。例えば、前述の実施形態(および/またはその態様)は互いに組み合わせて用いてよい。さらに、本発明の教示に対して特定の状況または材料を適応させるために、本発明の範囲から逸脱することなく多くの変更形態を作製することができる。本明細書に記述された寸法および材料のタイプは、本発明のパラメータを規定するように意図されているが、それらは少しでも限定するものではなく例示的実施形態である。上記説明を再検討すれば、当業者には他の多くの実施形態が明白になるであろう。したがって、本発明の範囲は、添付の特許請求の範囲を参照しながら、そのような特許請求の範囲が権利を与える等価物の全範囲と共に決定されるべきである。添付の特許請求の範囲では、用語「含む」および「そこでは」は、それぞれ平易な英語の用語「備える」および「ここで」に相当するものとして用いられる。さらに、以下の特許請求の範囲では、用語「第1の」、「第2の」および「第3の」などは、単に表示として用いられ、それらの対象に数の要件を課すようには意図されていない。さらに、以下の特許請求の範囲の限定事項は、手段プラス機能の書式で書かれておらず、また、さらなる構成のない機能の記述が続く慣用句「ための手段」を明確に用いないとき、および明確に用いるまで、そのような請求の限定事項が米国特許法第112条第6パラグラフに基づいて解釈されるようには意図されていない。

20

## 【0066】

この書かれた説明は、最善の様式を含んで本発明を開示するために、また、あらゆる当業者が、あらゆるデバイスまたはシステムを製作し用いることならびにあらゆる具体化された方法を実行すること含んで本発明を実施することも可能にするために、例を用いる。本発明が特許権を受けられる範囲は、特許請求の範囲によって規定され、当業者に想起される他の例を含み得る。そのような他の例は、それらが特許請求の範囲の文字どおりの言葉と異なる構造要素を有する場合、またはそれらが特許請求の範囲の文字どおりの言葉との実質のない相違点を有する同等な構造要素を含む場合には、特許請求の範囲に入るように意図されている。

30

## 【符号の説明】

## 【0067】

- 100 超音波システム
- 102 送信器
- 104 要素
- 106 プローブ
- 108 受信器
- 110 ビームフォーマ
- 112 R F プロセッサ

40

50

1 1 4	メモリ	
1 1 6	プロセッサモジュール	
1 1 8	表示器	
1 2 0	プローブポート	
1 2 2	メモリ	
1 2 4	ユーザインターフェース	
1 3 0	小型化した超音波システム	
1 3 2	プローブ	
1 3 4	ユーザインターフェース	10
1 3 6	一体化された表示器	
1 3 8	外部デバイス	
1 4 0	ネットワーク	
1 4 2	表示器	
1 4 4	移動式超音波画像診断システム	
1 4 6	可動ベース	
1 4 8	ユーザインターフェース	
1 5 0	プローブポート	
1 5 2	制御ボタン	
1 5 4	キーボード	
1 5 6	トラックボール	20
1 7 0	ポケットサイズの超音波画像診断システム	
1 7 2	表示器	
1 7 4	ユーザインターフェース	
1 7 6	医療用画像	
1 7 8	プローブ	
1 8 0	キーボード	
1 8 2	押しボタン	
1 8 4	多機能制御	
1 8 6	ラベル表示領域	
1 8 8	制御	30
2 0 0	集中定数回路	
2 0 2	コイル	
2 0 4	コイル	
2 0 6	コイル	
2 0 8	コンデンサ	
2 1 0	コンデンサ	
2 2 0	整合層構造体	
2 2 2	第1の整合層部分	
2 2 4	第2の整合層部分	
2 2 6	第3の整合層部分	
2 2 8	第4の整合層部分	
2 3 0	第5の整合層部分	40
2 3 2	厚さ	
2 3 4	ばね層	
2 3 6	ばね層	
2 3 8	ばね層	
2 4 0	ばね層	
2 4 2	ばね層	
2 4 4	質量層	
2 4 6	質量層	50

2 4 8	質量層	
2 5 0	質量層	
2 5 2	質量層	
2 5 4	厚さ	
2 5 6	厚さ	
2 5 8	厚さ	
2 6 0	厚さ	
2 6 2	厚さ	
2 6 4	厚さ	
2 7 0	音響スタック	10
2 7 2	圧電層	
2 7 4	レンズ	
2 7 6	厚さ	
2 7 8	下側	
2 8 0	下側	
2 8 2	上側	
3 0 0	音響シミュレーション	
3 0 2	音響シミュレーション	
3 0 4	片方向伝送路	
3 0 6	両方向伝送路	20
3 1 6	片方向伝送路	
3 1 8	両方向伝送路	
3 3 0	音響シミュレーション	
3 3 2	音響シミュレーション	
3 3 4	片方向伝送路	
3 3 6	両方向伝送路	
3 4 6	片方向伝送路	
3 4 8	両方向伝送路	
3 7 0	プローブの寸法形状および性能を定義する	
3 7 2	ばね材料および質量材料を選択する	30
3 7 4	整合層部分の数を求める	
3 7 6	各整合層部分の音響インピーダンスを求める	
3 7 8	質量層およびばね層の厚さを求める	
3 8 0	音響性能を計算する	
3 8 2	性能は許容できるか？	
4 0 0	音響スタック	
4 0 2	整合層構造体	
4 0 4	4分の1波長整合層	
4 0 6	下側	
4 0 8	上側	40
4 1 0	圧電層	
4 1 2	上側	
4 1 4	レンズ	

【図1】

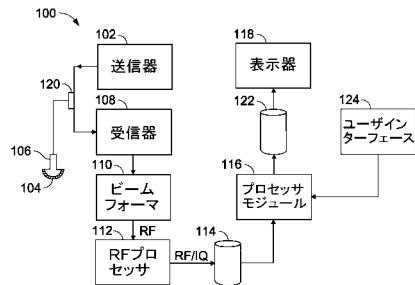


FIG. 1

【図3】

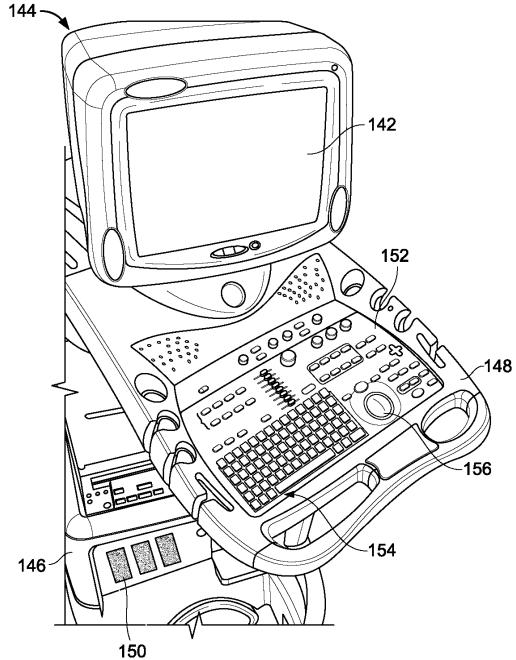


FIG. 3

【図2】

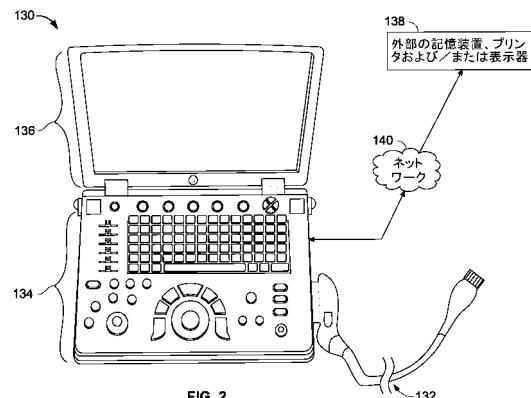


FIG. 2

【図4】

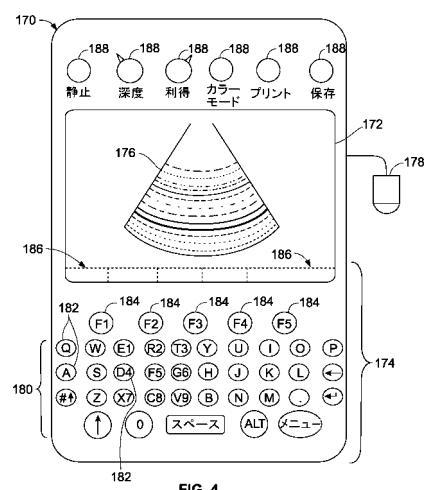


FIG. 4

【図6】

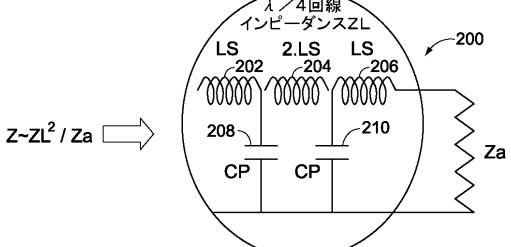
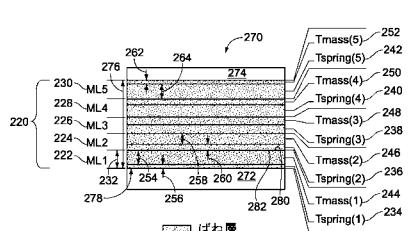
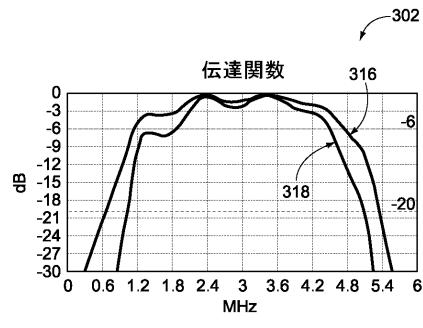


FIG. 6

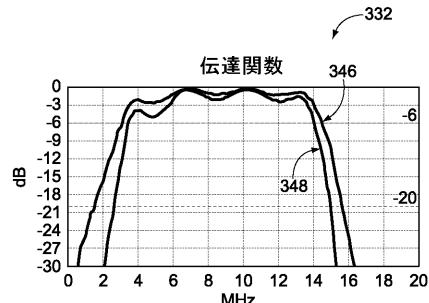
【図5】



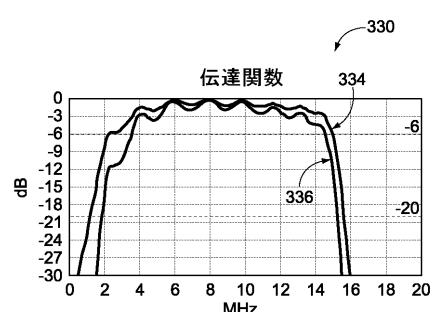
【図8】



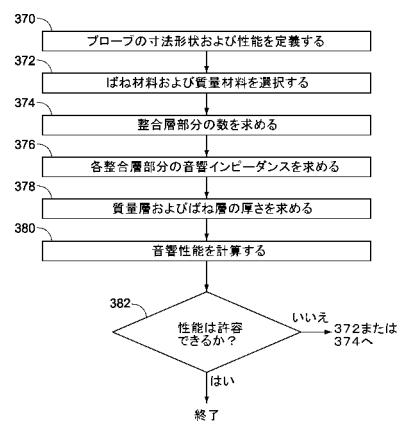
【図10】



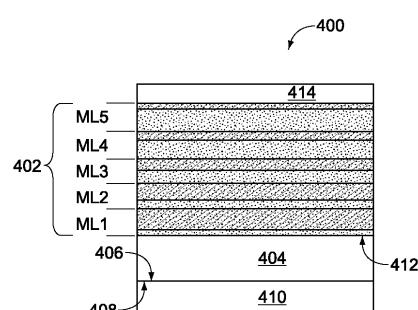
【図9】



【図11】



【図12】



---

フロントページの続き

(72)発明者 フレデリック・ランテリ  
フランス、06110、ル・カネ、ルート・ド・ヴァルボンヌ、49番、ル・センチュリ・ベ  
(72)発明者 ロウウェル・スミス  
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、チェシャー・プレイス、24番  
(72)発明者 チャールズ・パウムガートナー  
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、モヘガン・ロード、945番  
(72)発明者 ジャン・フランソワ・ジェリ  
フランス、06250、ムギンス、シェミニ・デュ・シャトー、1122番

審査官 大野 弘

(56)参考文献 特開昭62-258597(JP,A)  
特開2008-270868(JP,A)  
特表2009-528784(JP,A)  
国際公開第2007/103144(WO,A1)  
特開2008-011494(JP,A)  
米国特許第06822373(US,B1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04R 17/00  
A61B 8/00 - 8/14

专利名称(译)	超声波探头包括声学叠层，声学叠层和形成超声波探头声学叠层的匹配层结构的方法		
公开(公告)号	<a href="#">JP5554096B2</a>	公开(公告)日	2014-07-23
申请号	JP2010058759	申请日	2010-03-16
[标]申请(专利权)人(译)	通用电气公司		
申请(专利权)人(译)	通用电气公司		
当前申请(专利权)人(译)	通用电气公司		
[标]发明人	セルジュジエラールカリスティ フレデリックランテリ ロウウェルスミス チャールズバウムガートナー ジャンフランソワジェリ		
发明人	セルジュ・ジエラール・カリスティ フレデリック・ランテリ ロウウェル・スミス チャールズ・バウムガートナー ジャン・フランソワ・ジェリ		
IPC分类号	H04R17/00 A61B8/00		
CPC分类号	B06B1/0618 A61B8/4455 A61B8/483 Y10T29/42 Y10T29/49002 Y10T29/49005 Y10T29/4908		
FI分类号	H04R17/00.330.J A61B8/00		
F-TERM分类号	4C601/GB06 4C601/GB25 4C601/GB26 4C601/GB28 4C601/GB29 4C601/GB41 4C601/GB43 4C601/GB45 4C601/KK41 4C601/KK43 4C601/KK44 4C601/KK45 4C601/KK47 4C601/LL21 4C601/LL26 5D019/FF04 5D019/GG02		
代理人(译)	小仓 博		
审查员(译)	大野 弘		
优先权	12/406731 2009-03-18 US		
其他公开文献	JP2010220218A		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

## 摘要(译)

要解决的问题：为超声探头提供多层阻抗匹配结构，具有薄的匹配层部分和小的衰减。解决方案：用于超声探头(106)的声学叠层(270)包括压电层(272)，具有顶侧和底侧以及形成匹配层结构(220)的多个匹配层部分(222,224,226,228,230)。每个匹配层部分(222,230)包括弹簧层(234,236,238,240,242)，其包括第一材料和包括第二材料的质量层(244,246,248,250,252)。与第一种材料不同。匹配层部分(222)内最靠近压电层(272)定位的弹簧层(234)比其它匹配层部分(224-230)内的弹簧层(236-242)薄。

【 0 0 4 5 】

【 数 2 】

$$T_{\text{mass}}(n) := \frac{\lambda m}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{ZL \left( 1 - \frac{zs^2}{ZL^2} \right)}{zm}$$