

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6273743号
(P6273743)

(45) 発行日 平成30年2月7日 (2018.2.7)

(24) 登録日 平成30年1月19日 (2018.1.19)

(51) Int. Cl.

F I

HO 4 R 17/00 (2006.01)

A 6 1 B 8/00 (2006.01)

GO 1 N 29/24 (2006.01)

HO 4 R 17/00 3 3 0 J

HO 4 R 17/00 3 3 2 A

A 6 1 B 8/00

GO 1 N 29/24

請求項の数 8 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2013-203475 (P2013-203475)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成25年9月30日 (2013. 9. 30)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2015-70473 (P2015-70473A)		東京都新宿区新宿四丁目 1 番 6 号
(43) 公開日	平成27年4月13日 (2015. 4. 13)	(74) 代理人	100116665
審査請求日	平成28年8月30日 (2016. 8. 30)		弁理士 渡辺 和昭
		(74) 代理人	100164633
			弁理士 西田 圭介
		(74) 代理人	100179475
			弁理士 仲井 智至
		(72) 発明者	清瀬 摂内
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		(72) 発明者	鈴木 博則
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波デバイスおよびプローブ並びに電子機器および超音波画像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基体と、
前記基体にアレイ状に配置され、個々に振動膜を有する超音波トランスデューサー素子と、
個々の超音波トランスデューサー素子上に形成される音響整合層と、
前記基体の厚み方向からの平面視で、隣り合う前記超音波トランスデューサー素子の間に配置されて、前記隣り合う前記超音波トランスデューサー素子上の前記音響整合層を前記基体からの高さ方向に関して少なくとも一部の高さ範囲において相互に隔て、前記音響整合層の音響インピーダンスよりも大きい音響インピーダンスを有する壁部と、
前記音響整合層に密着し、前記壁部の頂上面に接着剤層で結合される音響レンズと、を備え、
前記壁部は、前記音響レンズとの接合面から凹んで前記接着剤層で占められる窪みを有すること特徴とする超音波デバイス。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の超音波デバイスにおいて、前記壁部は、前記音響整合層のヤング率よりも大きいヤング率を有する材質で形成されていることを特徴とする超音波デバイス。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載の超音波デバイスにおいて、前記接着剤層は前記音響整合層と同じ材質で形成されていることを特徴とする超音波デバイス。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の超音波デバイスにおいて、前記壁部は、1 つの信号線に共通に接続される前記超音波トランスデューサー素子群ごとに前記音響整合層を隔てることを特徴とする超音波デバイス。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の超音波デバイスにおいて、前記壁部は、前記信号線に共通に接続される前記超音波トランスデューサー素子群中で前記隣り合う前記超音波トランスデューサー素子上の前記音響整合層を相互に隔てることを特徴とする超音波デバイス。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の超音波デバイスと、前記超音波デバイスを支持する筐体とを備えることを特徴とするプローブ。

10

【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の超音波デバイスと、前記超音波デバイスに接続されて、前記超音波デバイスの出力を処理する処理装置とを備えることを特徴とする電子機器。

【請求項 8】

請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の超音波デバイスと、前記超音波デバイスの出力から生成される画像を表示する表示装置とを備えることを特徴とする超音波画像装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

20

【0001】

本発明は、超音波デバイス、並びに、それを利用したプローブ、電子機器および超音波画像装置等に関する。

【背景技術】**【0002】**

超音波デバイスは一般に知られる。例えば、特許文献 1 に記載の超音波デバイスでは複数の超音波トランスデューサー素子がアレイ状に配置される。超音波トランスデューサー素子は振動膜を有する。振動膜上に圧電体および電極が形成される。振動膜の超音波振動に応じて超音波は発信される。

【先行技術文献】

30

【特許文献】**【0003】**

【特許文献 1】特開 2005 - 51688 号公報

【特許文献 2】特開 2007 - 235795 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

超音波デバイスの振動膜に音響整合層が密着して重ねられれば、空気層の介在が回避されて超音波は効率的に伝達される。例えば特許文献 2 に記載されるように、いわゆるバルク型の超音波トランスデューサー素子ではバルクの圧電体の表面に密着する音響整合層が提案される。音響整合層は個々の圧電体ごとに分断される。隣接する音響整合片相互の間には目詰め材が詰められる。目詰め材の音響インピーダンスは音響整合体の音響インピーダンスよりも小さい。目詰め材は隣接する音響整合片相互の間でクロストークを防止する役割を果たす。しかしながら、バルクの圧電体と相違し、振動膜の音響インピーダンスは小さいことから、振動膜に密着する音響整合層の音響インピーダンスは小さいことが求められる。特許文献 2 によれば、目詰め材の音響インピーダンスは音響整合層の音響インピーダンスを下回らなければならず、振動膜を利用した超音波デバイスでは目詰め材の材料の選定は難しく、その結果、振動膜に密着する音響整合層の分断は難しかった。

40

【0005】

本発明の少なくとも 1 つの態様によれば、振動膜に密着しつつも良好にクロストークを

50

防止することができる音響整合層を有する超音波デバイスは提供されることができる。

【課題を解決するための手段】

【0006】

(1) 本発明の一態様は、基体と、前記基体にアレイ状に配置され、個々に振動膜を有する超音波トランスデューサー素子と、個々の超音波トランスデューサー素子上に形成される音響整合層と、前記基体の厚み方向からの平面視で、隣り合う前記超音波トランスデューサー素子の間に配置されて、前記隣り合う前記超音波トランスデューサー素子上の前記音響整合層を前記基体からの高さ方向に関して少なくとも一部の高さ範囲において相互に隔て、前記音響整合層の音響インピーダンスよりも大きい音響インピーダンスを有する壁部とを備える超音波デバイスに関する。

10

【0007】

超音波の送信にあたって超音波トランスデューサー素子の振動膜は超音波振動する。超音波振動は音響整合層内を伝搬して音響整合層の界面から発信される。このとき、隣接する超音波トランスデューサー素子の間には音響整合層の音響インピーダンスよりも大きい音響インピーダンスを有する壁部が配置される。こうして音響インピーダンスの差に応じて隣接する超音波トランスデューサー素子の間で音響整合層には界面が形成される。界面は超音波振動の伝達を防止する。その結果、超音波振動する1つの振動膜から隣接する超音波トランスデューサー素子の振動膜に向かって超音波振動の伝達は防止される。1つの振動膜の超音波振動時に超音波のクロストークは防止される。

【0008】

20

(2) 前記壁部は、前記音響整合層のヤング率よりも大きいヤング率を有する材質で形成されていることができる。音響整合層の剛性は壁部で補強される。厚み方向に音響整合層の潰れは防止される。振動膜と界面との距離は一定に維持される。その結果、超音波は効率的に界面から出射されることができる。

【0009】

(3) 超音波デバイスは、前記音響整合層に密着し、前記壁部の頂上面に接着剤層で結合される音響レンズをさらに備えることができる。音響整合層は接着剤の機能を果たす。音響整合層は壁部で途切れるものの、接着剤層の働きで音響レンズは壁部に密着する。壁部が形成されても、音響レンズの密着領域の減少は最小限に抑制される。しかも、音響レンズが壁部に接合されると、音響レンズおよび壁部は構造体を形成することができる。構造体はさらに確実に音響整合層の変形を防止することができる。

30

【0010】

(4) 前記壁部は、前記音響レンズとの接合面から凹んで前記接着剤層で占められる窪みを有することができる。音響レンズは壁部の接合面で受け止められる。したがって、音響整合層の厚みは壁部の接合面の位置で決定される。壁部の寸法精度に応じて音響整合層の厚みは精度よく設定されることができる。しかも、音響レンズの密着領域の減少は最小限に抑制される。

【0011】

(5) 前記接着剤層は前記音響整合層と同じ材質で形成されていることができる。接着剤層は音響整合層と同一の製造工程で形成されることができる。製造工程の複雑化は回避される。製造コストの増加は回避される。

40

【0012】

(6) 前記壁部は、1つの信号線に共通に接続される前記超音波トランスデューサー素子群ごとに前記音響整合層を隔てることができる。1つの信号線に共通に接続される超音波トランスデューサー素子群に属する振動膜は駆動信号の供給に応じて同時に振動する。これら振動膜から他の超音波トランスデューサー素子群に属する振動膜に向かって超音波振動の伝達は防止される。

【0013】

(7) 前記壁部は、前記信号線に共通に接続される前記超音波トランスデューサー素子群中で前記隣り合う前記超音波トランスデューサー素子上の前記音響整合層を相互に隔て

50

ることができる。同時に振動する振動膜の間で超音波振動の伝達は防止される。同時に振動する振動膜相互の間で超音波のクロストークは防止される。

【0014】

(8) 超音波デバイスはプローブに組み込まれて利用されることができる。このとき、プローブは、超音波デバイスと、前記超音波デバイスを支持する筐体とを備えればよい。

【0015】

(9) 超音波デバイスは電子機器に組み込まれて利用されることができる。このとき、電子機器は、超音波デバイスと、前記超音波デバイスに接続されて、前記超音波デバイスの出力を処理する処理装置とを備えればよい。

【0016】

(10) 超音波デバイスは超音波画像装置に組み込まれて利用されることができる。このとき、超音波画像装置は、超音波デバイスと、前記超音波デバイスの出力から生成される画像を表示する表示装置とを備えることができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】電子機器の一具体例すなわち超音波診断装置を概略的に示す外観図である。

【図2】超音波プローブの拡大正面図である。

【図3】第1実施形態に係る超音波トランスデューサー素子ユニットの拡大平面図である。

【図4】図3のA-A線に沿った断面図である。

【図5】図3のB-B線に沿った断面図である。

【図6】図3の部分拡大図に相当し、第2実施形態に係る超音波トランスデューサー素子ユニットの拡大一部平面図である。

【図7】図4に対応し、第3実施形態に係る超音波トランスデューサー素子ユニットの断面図である。

【図8】超音波トランスデューサー素子ユニットの製造方法であって、壁体の形成工程を概略的に示す図である。

【図9】超音波トランスデューサー素子ユニットの製造方法であって、窪みの形成工程を概略的に示す図である。

【図10】超音波トランスデューサー素子ユニットの製造方法であって、音響整合層および接着剤層の形成工程を概略的に示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、添付図面を参照しつつ本発明の一実施形態を説明する。なお、以下に説明する本実施形態は、特許請求の範囲に記載された本発明の内容を不当に限定するものではなく、本実施形態で説明される構成の全てが本発明の解決手段として必須であるとは限らない。

【0019】

(1) 超音波診断装置の全体構成

図1は電子機器の一具体例すなわち超音波診断装置(超音波画像装置)11の構成を概略的に示す。超音波診断装置11は装置端末(処理装置)12と超音波プローブ(プローブ)13とを備える。装置端末12と超音波プローブ13とはケーブル14で相互に接続される。装置端末12と超音波プローブ13とはケーブル14を通じて電気信号をやりとりする。装置端末12にはディスプレイパネル(表示装置)15が組み込まれる。ディスプレイパネル15の画面は装置端末12の表面で露出する。装置端末12では、超音波プローブ13で検出された超音波に基づき画像が生成される。画像化された検出結果がディスプレイパネル15の画面に表示される。

【0020】

図2に示されるように、超音波プローブ13は筐体16を有する。筐体16内には超音波トランスデューサー素子ユニット(以下「素子ユニット」という)17が収容される。素子ユニット(超音波デバイス)17の表面は筐体16の表面で露出することができる。

素子ユニット 17 は表面から超音波を出力するとともに超音波の反射波を受信する。その他、超音波プローブ 13 は、プローブ本体 13 a に着脱自在に連結されるプローブヘッド 13 b を備えることができる。このとき、素子ユニット 17 はプローブヘッド 13 b の筐体 16 内に組み込まれることができる。

【0021】

図 3 は第 1 実施形態に係る素子ユニット 17 の平面図を概略的に示す。素子ユニット 17 は基体 21 を備える。基体 21 には素子アレイ 22 が形成される。素子アレイ 22 は超音波トランスデューサー素子（以下「素子」という）23 の配列で構成される。配列は複数行複数列のマトリクスで形成される。その他、配列では千鳥配置が確立されてもよい。千鳥配置では偶数列の素子 23 群は奇数列の素子 23 群に対して行ピッチの 2 分の 1 でずらされればよい。奇数列および偶数列の一方の素子数は他方の素子数に比べて 1 つ少なくてもよい。

10

【0022】

個々の素子 23 は振動膜 24 を備える。振動膜 24 の詳細は後述される。図 3 では振動膜 24 の膜面に直交する方向の平面視（基板の厚み方向の平面視）で振動膜 24 の輪郭が点線で描かれる。輪郭の内側は振動膜 24 の領域内に相当する。輪郭の外側は振動膜 24 の領域外に相当する。振動膜 24 上には圧電素子 25 が形成される。圧電素子 25 では、後述されるように、上電極 26 および下電極 27 の間に圧電体膜（図示されず）が挟まれる。これらは順番に重ねられる。素子ユニット 17 は 1 枚の超音波トランスデューサー素子チップとして構成される。

20

【0023】

基体 21 の表面には複数本の第 1 導電体（信号線）28 が形成される。第 1 導電体 28 は配列の列方向に相互に平行に延びる。1 列の素子 23 ごとに 1 本の第 1 導電体 28 が割り当てられる。1 本の第 1 導電体 28 は配列の列方向に並ぶ素子 23 に共通に配置される。第 1 導電体 28 は個々の素子 23 ごとに下電極 27 を形成する。このように第 1 導電体 28 は振動膜 24 の領域内および領域外に配置される。第 1 導電体 28 には例えばチタン（Ti）、イリジウム（Ir）、白金（Pt）およびチタン（Ti）の積層膜が用いられることができる。ただし、第 1 導電体 28 にはその他の導電材が利用されてもよい。

【0024】

基体 21 の表面には複数本の第 2 導電体 31 が形成される。第 2 導電体 31 は配列の行方向に相互に平行に延びる。1 行の素子 23 ごとに 1 本の第 2 導電体 31 が割り当てられる。1 本の第 2 導電体 31 は配列の行方向に並ぶ素子 23 に共通に接続される。第 2 導電体 31 は個々の素子 23 ごとに上電極 26 を形成する。第 2 導電体 31 の両端は 1 対の引き出し配線 32 にそれぞれ接続される。引き出し配線 32 は配列の列方向に相互に平行に延びる。したがって、全ての第 2 導電体 31 は同一長さを有する。こうしてマトリクス全体の素子 23 に共通に上電極 26 は接続される。このように第 2 導電体 31 は振動膜 24 の内側領域および外側領域に配置される。第 2 導電体 31 は例えばイリジウム（Ir）で形成されることができる。ただし、第 2 導電体 31 にはその他の導電材が利用されてもよい。

30

【0025】

列ごとに素子 23 の通電は切り替えられる。こうした通電の切り替えに応じてリニアスキャンやセクタスキャンは実現される。1 列の素子 23 は同時に超音波を出力することから、1 列の個数すなわち配列の行数は超音波の出力レベルに応じて決定されることができる。行数は例えば 10 ~ 15 行程度に設定されればよい。図中では省略されて 5 行が描かれる。配列の列数はスキャンの範囲の広がりに応じて決定されることができる。列数は例えば 128 列や 256 列に設定されればよい。図中では省略されて 8 列が描かれる。上電極 26 および下電極 27 の役割は入れ替えられてもよい。すなわち、マトリクス全体の素子 23 に共通に下電極が接続される一方で、配列の列ごとに共通に上電極が接続されてもよい。

40

【0026】

50

基体 2 1 の輪郭は、相互に平行な 1 対の直線で仕切られて対向する第 1 辺 2 1 a および第 2 辺 2 1 b を有する。第 1 辺 2 1 a と素子アレイ 2 2 の輪郭との間に 1 ラインの第 1 端子アレイ 3 3 a が配置される。第 2 辺 2 1 b と素子アレイ 2 2 の輪郭との間に 1 ラインの第 2 端子アレイ 3 3 b が配置される。第 1 端子アレイ 3 3 a は第 1 辺 2 1 a に平行に 1 ラインを形成することができる。第 2 端子アレイ 3 3 b は第 2 辺 2 1 b に平行に 1 ラインを形成することができる。第 1 端子アレイ 3 3 a は 1 対の上電極端子 3 4 および複数の下電極端子 3 5 で構成される。同様に、第 2 端子アレイ 3 3 b は 1 対の上電極端子 3 6 および複数の下電極端子 3 7 で構成される。1 本の引き出し配線 3 2 の両端にそれぞれ上電極端子 3 4、3 6 は接続される。引き出し配線 3 2 および上電極端子 3 4、3 6 は素子アレイ 2 2 を二等分する垂直面で面对称に形成されればよい。1 本の第 2 導電体 3 1 の両端にそれぞれ下電極端子 3 5、3 7 は接続される。第 2 導電体 3 1 および下電極端子 3 5、3 7 は素子アレイ 2 2 を二等分する垂直面で面对称に形成されればよい。ここでは、基体 2 1 の輪郭は矩形に形成される。基体 2 1 の輪郭は正方形であってもよく台形であってもよい。

10

【0027】

基体 2 1 には第 1 フレキシブルプリント配線板（以下「第 1 配線板」という）3 8 が連結される。第 1 配線板 3 8 は第 1 端子アレイ 3 3 a に覆い被さる。第 1 配線板 3 8 の一端には上電極端子 3 4 および下電極端子 3 5 に個別に対応して導電線すなわち第 1 信号線 3 9 が形成される。第 1 信号線 3 9 は上電極端子 3 4 および下電極端子 3 5 に個別に向き合わせられ個別に接合される。同様に、基体 2 1 には第 2 フレキシブルプリント配線板（以下「第 2 配線板」という）4 1 が覆い被さる。第 2 配線板 4 1 は第 2 端子アレイ 3 3 b に覆い被さる。第 2 配線板 4 1 の一端には上電極端子 3 6 および下電極端子 3 7 に個別に対応して導電線すなわち第 2 信号線 4 2 が形成される。第 2 信号線 4 2 は上電極端子 3 6 および下電極端子 3 7 に個別に向き合わせられ個別に接合される。

20

【0028】

振動膜 2 4 上では第 2 導電体 3 1 に並列に電極分離膜 4 3 が配置される。電極分離膜 4 3 は第 2 導電体 3 1 の長手方向に帯状に延びる。電極分離膜 4 3 は絶縁性および防湿性を有する。電極分離膜 4 3 は例えばアルミナ（ Al_2O_3 ）や酸化シリコン（ SiO_2 ）といった防湿性絶縁材から形成される。電極分離膜 4 3 は個々の第 2 導電体 3 1 を挟んで第 2 導電体 3 1 の両側に分離して形成される。第 2 導電体 3 1 は振動膜 2 4 上で第 1 導電体 2 8 に交差することから、電極分離膜 4 3 は振動膜 2 4 上で第 1 導電体 2 8 上を横切る。

30

【0029】

基体 2 1 上で振動膜 2 4 の領域外には分離壁（壁部）4 4 が形成される。分離壁 4 4 は第 1 導電体 2 8 の長手方向に帯状に延びる。分離壁 4 4 は隣接する振動膜 2 4 の間に配置される。分離壁 4 4 は例えばアルミナや酸化シリコンといった防湿性の絶縁材から形成される。分離壁 4 4 の素材は電極分離膜 4 3 の素材と一致してもよい。分離壁 4 4 は第 2 導電体 3 1 上を横切る。

【0030】

図 4 に示されるように、基体 2 1 は本体 4 6 および可撓膜 4 7 を備える。本体 4 6 の表面に可撓膜 4 7 が一面に形成される。本体 4 6 は例えばシリコン（ Si ）から形成される。本体 4 6 には個々の素子 2 3 ごとに開口 4 8 が形成される。開口 4 8 は本体 4 6 に対してアレイ状に配置される。開口 4 8 が配置される領域の輪郭は素子アレイ 2 2 の輪郭に相当する。隣り合う 2 つの開口 4 8 の間には仕切り壁 4 9 が区画される。隣接する開口 4 8 は仕切り壁 4 9 で仕切られる。仕切り壁 4 9 の壁厚みは開口 4 8 の間隔に相当する。仕切り壁 4 9 は相互に平行に広がる平面内に 2 つの壁面を規定する。壁厚みは 2 つの壁面の距離に相当する。すなわち、壁厚みは壁面に直交して壁面の間に挟まれる垂線の長さで規定されることができる。

40

【0031】

可撓膜 4 7 は、本体 4 6 の表面に積層される酸化シリコン（ SiO_2 ）層 5 1 と、酸化シリコン層 5 1 の表面に積層される酸化ジルコニウム（ ZrO_2 ）層 5 2 とで構成される

50

。可撓膜 47 は開口 48 に接する。こうして開口 48 の輪郭に対応して可撓膜 47 の一部が振動膜 24 を形成する。振動膜 24 は、可撓膜 47 のうち、開口 48 に臨むことから本体 46 の厚み方向に膜振動することができる部分である。酸化シリコン層 51 の膜厚は共振周波数に基づき決定されることができる。

【0032】

振動膜 24 の表面に第 1 導電体 28、圧電体膜 53 および第 2 導電体 31 が順番に積層される。圧電体膜 53 は例えばジルコン酸チタン酸鉛 (PZT) で形成されることができる。圧電体膜 53 にはその他の圧電材料が用いられてもよい。圧電体膜 53 は下電極 27 の少なくとも一部および振動膜 24 の一部を覆う。上電極 26 は圧電体膜 53 の少なくとも一部を覆う。ここでは、第 2 導電体 31 の下で圧電体膜 53 は完全に第 1 導電体 28 の表面を覆う。圧電体膜 53 の働きで第 1 導電体 28 と第 2 導電体 31 との間で短絡は回避されることができる。

10

【0033】

図 4 に示されるように、電極分離膜 43 は圧電素子 25 の側面を覆う。すなわち、電極分離膜 43 は第 1 導電体 28 および第 2 導電体 31 の間で圧電体膜 53 上に形成される。こうして第 1 導電体 28 および第 2 導電体 31 の間で圧電体膜 53 の表面は電極分離膜 43 で覆われる。ここでは、第 1 導電体 28 の長手方向に電極分離膜 43 は振動膜 24 の領域内に留まる。電極分離膜 43 は振動膜 24 の縁に係らない。

【0034】

基体 21 の表面には音響整合層 54 が積層される。音響整合層 54 は例えば全面にわたって基体 21 の表面に覆い被さる。その結果、素子アレイ 22 や第 1 および第 2 端子アレイ 33a、33b、第 1 および第 2 配線板 38、41 は音響整合層 54 で覆われる。音響整合層 54 は素子 23 の表面に密着する。音響整合層 54 には例えばシリコン樹脂膜が用いられることができる。音響整合層 54 は、素子アレイ 22 の構造や、第 1 端子アレイ 33a および第 1 配線板 38 の接合、第 2 端子アレイ 33b および第 2 配線板 41 の接合を保護する。

20

【0035】

音響整合層 54 上には音響レンズ 55 が積層される。音響レンズ 55 は音響整合層 54 の表面に密着する。音響レンズ 55 の外表面は部分円筒面で形成される。部分円筒面は第 2 導電体 31 に平行な母線を有する。部分円筒面の曲率は、1 筋の第 1 導電体 28 に接続される 1 列の素子 23 から発信される超音波の焦点位置に応じて決定される。音響レンズ 55 は例えばシリコン樹脂から形成される。

30

【0036】

基体 21 の裏面には補強板 56 が固定される。補強板 56 の表面に基体 21 の裏面が重ねられる。補強板 56 は素子ユニット 17 の裏面で開口 48 を閉じる。補強板 56 はリジッドな基材を備えることができる。補強板 56 は例えばシリコン基板から形成されることができる。基体 21 の板厚は例えば 100 μm 程度に設定され、補強板 56 の板厚は例えば 100 ~ 150 μm 程度に設定される。ここでは、仕切り壁 49 は補強板 56 に結合される。補強板 56 は個々の仕切り壁 49 に少なくとも 1 カ所の接合域で接合される。接合にあたって接着剤は用いられることができる。

40

【0037】

図 5 に示されるように、圧電体膜 53 は第 1 導電体 28 に覆い被さる。圧電体膜 53 は第 1 導電体 28 の縁から外側に広がる範囲で振動膜 24 の表面に接触する。圧電体膜 53 は第 1 導電体 28 と第 2 導電体 31 とを相互に完全に分離する。第 1 導電体 28 と第 2 導電体 31 との短絡は回避される。

【0038】

図 5 に示されるように、隣接する音響整合層 54 相互は分離空間 57 で隔てられる。分離空間 57 は分離壁 44 で占められる。分離壁 44 は、音響整合層 54 の音響インピーダンスよりも大きい音響インピーダンスを有する物体で形成される。分離壁 44 は、音響整合層 54 のヤング率よりも大きいヤング率を有する固体から構成される。

50

【 0 0 3 9 】

音響レンズ 5 5 は 1 平面内で広がる接合面 5 8 を有する。音響レンズ 5 5 は接合面 5 8 で途切れなく音響整合層 5 4 および分離壁 4 4 の頂上面 4 4 a に密着する。分離壁 4 4 の頂上面 4 4 a には音響レンズ 5 5 との接合面から凹凸窪み 6 1 が形成される。窪み 6 1 内の空間は接着剤層 6 2 で占められる。分離壁 4 4 の頂上面 4 4 a は接着剤層 6 2 で音響レンズ 5 5 に結合される。接着剤層 6 2 は音響整合層 5 4 と同じ材質で形成される。

【 0 0 4 0 】

(2) 超音波診断装置の動作

次に超音波診断装置 1 1 の動作を簡単に説明する。超音波の送信にあたって圧電素子 2 5 にはパルス信号が供給される。パルス信号は下電極端子 3 5、3 7 および上電極端子 3 4、3 6 を通じて列ごとに素子 2 3 に供給される。個々の素子 2 3 では下電極 2 7 および上電極 2 6 の間で圧電体膜 5 3 に電界が作用する。圧電体膜 5 3 は超音波で振動する。圧電体膜 5 3 の振動は振動膜 2 4 に伝わる。こうして振動膜 2 4 は超音波振動する。その結果、対象物（例えば人体の内部）に向けて所望の超音波ビームは発せられる。

【 0 0 4 1 】

超音波の反射波は振動膜 2 4 を振動させる。振動膜 2 4 の超音波振動は所望の周波数で圧電体膜 5 3 を超音波振動させる。圧電素子 2 5 の圧電効果に応じて圧電素子 2 5 から電圧が出力される。個々の素子 2 3 では上電極 2 6 と下電極 2 7 との間で電位が生成される。電位は下電極端子 3 5、3 7 および上電極端子 3 4、3 6 から電気信号として出力される。こうして超音波は検出される。

【 0 0 4 2 】

超音波の送信および受信は繰り返される。その結果、リニアスキャンやセクタスキャンは実現される。スキャンが完了すると、出力信号のデジタル信号に基づき画像が形成される。形成された画像はディスプレイパネル 1 5 の画面に表示される。

【 0 0 4 3 】

超音波の送信にあたって振動膜 2 4 は超音波振動する。超音波振動は音響整合層 5 4 内を伝達されて音響整合層 5 4 の界面から発信される。超音波振動は界面を横切って音響レンズ 5 5 に伝達される。このとき、隣接する素子 2 3 の間には分離空間 5 7 が規定され当該分離空間 5 7 は音響インピーダンスの大きい物体すなわち分離壁 4 4 で占められる。こうして音響インピーダンスの差に応じて隣接する素子 2 3 の間で音響整合層 5 4 には界面が形成される。界面は超音波振動の伝達を防止する。その結果、超音波振動する 1 つの振動膜 2 4 から隣接する素子 2 3 の振動膜 2 4 に向かって超音波振動の伝達は防止される。1 つの振動膜 2 4 の超音波振動時に超音波のクロストークは防止される。仮に分離壁 4 4 が形成されずに素子 2 3 相互で音響整合層 5 4 が共通に広がると、1 素子 2 3 から発信される超音波振動は音響整合層 5 4 および音響レンズ 5 5 の界面から反射して他の素子 2 3 の振動膜 2 4 に伝播してしまう。

【 0 0 4 4 】

素子ユニット 1 7 では 1 つの信号線すなわち 1 筋の第 1 導電体 2 8 に共通に接続される素子 2 3 群ごとにセグメントが形成される。1 セグメントに属する振動膜 2 4 は駆動信号の供給に応じて同時に振動する。リニアスキャンやセクタスキャンの実施にあたって 1 セグメントと他のセグメントでは動作タイミングが相違することがある。このとき、分離壁 4 4 はセグメントごとに音響整合層 5 4 を隔てる。したがって、1 セグメントに属する振動膜 2 4 から他のセグメントに属する振動膜 2 4 に向かって超音波振動の伝達は防止される。クロストークは防止される。

【 0 0 4 5 】

前述のように、分離壁 4 4 は、音響整合層 5 4 のヤング率よりも大きいヤング率を有する固体で構成される。その結果、音響整合層 5 4 の剛性は分離壁 4 4 で補強される。厚み方向に音響整合層 5 4 の潰れは防止される。振動膜 2 4 と音響整合層 5 4 の界面との距離は一定に維持される。超音波は効率的に界面から出射されることができる。このとき、音響レンズ 5 5 は接合面 5 8 で音響整合層 5 4 の表面および分離壁 4 4 の頂上面 4 4 a に密

10

20

30

40

50

着する。したがって、音響レンズ５５は分離壁４４で支持される。厚み方向に音響整合層５４の潰れは確実に防止されることができる。

【００４６】

音響整合層５４の表面は接着剤の機能を果たす。その結果、音響レンズ５５は音響整合層５４に密着する。密着は維持される。音響整合層５４の表面は分離空間５７で途切れるものの、接着剤層６２の働きで音響レンズ５５は分離壁４４の頂上面４４ａに密着する。密着は維持される。分離空間５７が形成されても、音響レンズ５５の密着領域の減少は最小限に抑制される。しかも、音響レンズ５５が分離壁４４に接合されると、音響レンズ５５および分離壁４４は構造体を形成することができる。構造体はさらに確実に音響整合層５４の変形を防止することができる。

10

【００４７】

分離壁４４の頂上面４４ａには窪み６１が形成される。窪み６１は接着剤層６２で占められる。音響レンズ５５は接着剤層６２で分離壁４４の頂上面４４ａに結合される。このとき、音響レンズ５５は分離壁４４の頂上面４４ａで受け止められる。したがって、音響整合層５４の厚みは分離壁４４の頂上面４４ａの位置で決定される。分離壁４４の寸法精度に応じて音響整合層５４の厚みは精度よく設定されることができる。しかも、音響レンズ５５の密着領域の減少は最小限に抑制される。

【００４８】

素子ユニット１７では接着剤層６２は音響整合層５４と同じ材質で形成される。したがって、後述されるように、接着剤層６２は音響整合層５４と同一の製造工程で形成されることができる。製造工程の複雑化は回避される。製造コストの増加は回避される。

20

【００４９】

(３) 第２実施形態に係る素子ユニット

図６は第２実施形態に係る素子ユニット１７ａの構成を概略的に示す。この素子ユニット１７ａでは１セグメント６４ａ、６４ｂ、６４ｃ...は複数列の素子２３群から形成される。図示では３筋の第１導電体２８に共通に接続される素子２３群で１セグメント６４ａ、６４ｂ、６４ｃが形成される。１セグメント６４ａ、６４ｂ、６４ｃに属する振動膜２４は駆動信号の供給に応じて同時に振動する。分離壁４４はセグメント６４ａ、６４ｂ、６４ｃ相互の間に配置される。分離壁４４はセグメント６４ａ、６４ｂ、６４ｃごとに素子アレイ２２を区分する。こうして複数列の素子２３群が同時に超音波振動すると、超音波の強度は高められることができる。分離壁４４はセグメント６４ａ、６４ｂ、６４ｃごとに音響整合層５４を隔てる。したがって、１セグメント６４ａ(６４ｂ)(６４ｃ)に属する振動膜２４から他のセグメント６４ｂ、６４ｃ(６４ａ、６４ｃ)(６４ａ、６４ｂ)に属する振動膜２４に向かって超音波振動の伝達は防止される。クロストークは防止される。その他、以上の説明で言及される構成以外の構成は前述の第１実施形態に係る素子ユニット１７のそれと同様である。

30

【００５０】

(４) 第３実施形態に係る素子ユニット

図７は第３実施形態に係る素子ユニット１７ｂの構成を概略的に示す。この素子ユニット１７ｂでは、セグメントごとに音響整合層５４を分離する前述の分離空間５７に加えて、セグメント内で音響整合層５４をさらに分離する分離空間６５が形成される。分離空間６５は、第２導電体３１の長手方向に延びて、１信号線に共通に接続される素子２３群中で隣接する素子２３上の音響整合層５４を相互に隔てる。分離空間６５は分離壁６６で占められる。分離壁６６は、分離壁４４と同様に、音響整合層５４の音響インピーダンスよりも大きい音響インピーダンスを有する物体で形成される。分離壁６６は、音響整合層５４のヤング率よりも大きいヤング率を有する固体から構成される。こうして同時に振動する振動膜２４の間で超音波振動の伝達は防止される。同時に振動する振動膜２４相互の間で超音波のクロストークは防止される。その他、以上の説明で言及される構成以外の構成は前述の第１実施形態または第２実施形態に係る素子ユニット１７、１７ａのそれと同様である。

40

50

【 0 0 5 1 】

ここでは、分離壁 6 6 は前述の分離壁 4 4 と同様に形成されればよい。すなわち、音響レンズ 5 5 は接合面 5 8 で途切れなく音響整合層 5 4 および分離壁 6 6 の頂上面 6 6 a に密着する。分離壁 6 6 の頂上面 6 6 a には音響レンズ 5 5 との接合面から凹む窪み 6 7 が形成される。窪み 6 7 内の空間は接着剤層 6 8 で占められる。分離壁 6 6 の頂上面 6 6 a は接着剤層 6 8 で音響レンズ 5 5 に結合される。接着剤層 6 8 は音響整合層 5 4 と同じ材質で形成される。

【 0 0 5 2 】

(5) 素子ユニットの製造方法

ここで、素子ユニット 1 7 (1 7 a 、 1 7 b) の製造方法を簡単に説明する。基板 7 1 が用意される。基板 7 1 は例えばシリコンから形成される。基板 7 1 の表面には例えば熱処理が施され酸化膜が形成される。こうして基板 7 1 から本体 4 6 および酸化シリコン層 5 1 が形成される。酸化シリコン層 5 1 の表面には一面に酸化ジルコニウム層 5 2 が形成される。その後、酸化ジルコニウム層 5 2 の表面には、図 8 に示されるように、圧電素子 2 5 を含む素子アレイ 2 2 や第 1 および第 2 導電体 2 8 、 3 1 、第 1 および第 2 端子アレイ 3 3 a 、 3 3 b 等が形成される。形成にあたってフォトリソグラフィ技術が用いられればよい。

【 0 0 5 3 】

酸化ジルコニウム層 5 2 の表面では圧電素子 2 5 相互の間に壁体 7 2 が形成される。壁体 7 2 の形成にあたって例えばフォトリソグラフィ技術が用いられる。壁体 7 2 そのものがフォトレジスト材で形成される場合には、露光後に分離壁 4 4 の形状を象ったフォトレジスト膜が残存すればよい。壁体 7 2 がフォトレジスト材以外の材料で形成される場合には、露光後に分離壁 4 4 の形状を象った空間がフォトレジスト膜で区画されればよい。

【 0 0 5 4 】

続いて、図 9 に示されるように、壁体 7 2 の頂上面 7 2 a に窪み 7 3 が形成される。窪み 7 3 の形成にあたって例えばフォトリソグラフィ技術が用いられる。頂上面 7 2 a はフォトレジスト膜で保護された後に例えばエッチング処理に曝される。その後、不要なフォトレジスト膜は除去される。ここで、基板 7 1 の裏面から酸化シリコン層 5 1 を残して開口 4 8 が穿たれ、基板 7 1 の裏面に補強板 5 6 が接合される。ただし、開口 4 8 の形成および補強板 5 6 の接合は圧電素子 2 5 の完成に続いて実施されてもよい。

【 0 0 5 5 】

図 1 0 に示されるように、酸化ジルコニウム層 5 2 の表面に音響整合層 5 4 の材料が流し込まれる。音響整合層 5 4 の材料 7 4 は例えば流動性を有する。材料 7 4 は壁体 7 2 の間の空間を埋める。同時に、材料 7 4 は窪み 7 3 の空間を埋める。材料 7 4 の表面は壁体 7 2 の頂上面 7 2 a に面一であることが望ましい。材料 7 4 は固められる。その結果、音響整合層 5 4 および接着剤層 6 2 が確立される。

【 0 0 5 6 】

その後、音響整合層 5 4 の表面には音響レンズ 5 5 が重ねられる。音響レンズ 5 5 は接合面 5 8 で音響整合層 5 4 および接着剤層 6 2 に密着する。音響整合層 5 4 および接着剤層 6 2 は接着剤の機能を果たすことから、音響整合層 5 4 および接着剤層 6 2 と音響レンズ 5 5 との密着は維持され続ける。こうして音響整合層 5 4 と接着剤層 6 2 とは同じ材質で形成されることから、接着剤層 6 2 は音響整合層 5 4 と同一の製造工程で形成されることができる。その結果、製造工程の複雑化は回避される。製造コストの増加は回避される。

【 0 0 5 7 】

なお、上記のように本実施形態について詳細に説明したが、本発明の新規事項および効果から実体的に逸脱しない多くの変形が可能であることは当業者には容易に理解できるであろう。したがって、このような変形例はすべて本発明の範囲に含まれる。例えば、明細書または図面において、少なくとも一度、より広義または同義な異なる用語とともに記載された用語は、明細書または図面のいかなる箇所においても、その異なる用語に置き換え

10

20

30

40

50

られることができる。また、超音波診断装置 1 1、超音波プローブ 1 3、素子ユニット 1 7、1 7 a、1 7 b、素子 2 3、圧電素子 2 5 等の構成および動作も本実施形態で説明したものに限定されず、種々の変形が可能である。期待される通りに機能や効果が発揮される限り、分離壁 4 4 の高さは音響整合層 5 4 の高さよりも低くてもよい。

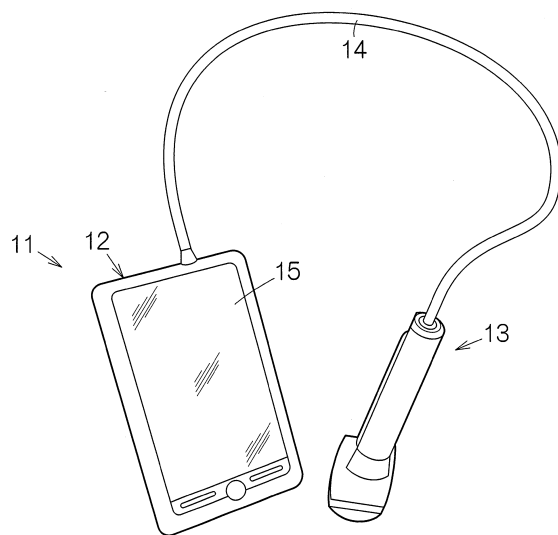
【符号の説明】

【 0 0 5 8 】

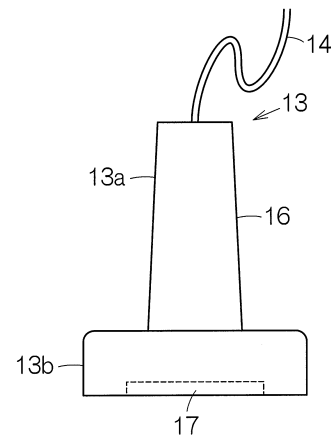
1 1 電子機器としての超音波画像装置（超音波診断装置）、1 2 処理装置（装置端末）、1 3 プローブ（超音波プローブ）、1 5 表示装置（ディスプレイパネル）、1 7 超音波デバイス（超音波トランスデューサー素子ユニット）、1 7 a 超音波デバイス（超音波トランスデューサー素子ユニット）、1 7 b 超音波デバイス（超音波トランスデューサー素子ユニット）、2 1 基体、2 3 超音波トランスデューサー素子、2 4 振動膜、2 8 信号線（第 1 導電体）、4 4 壁部（分離壁）、4 4 a 頂上面、5 4 音響整合層、5 5 音響レンズ、6 1 窪み、6 2 接着剤層、6 6 壁部（分離壁）、6 7 窪み、6 8 接着剤層。

10

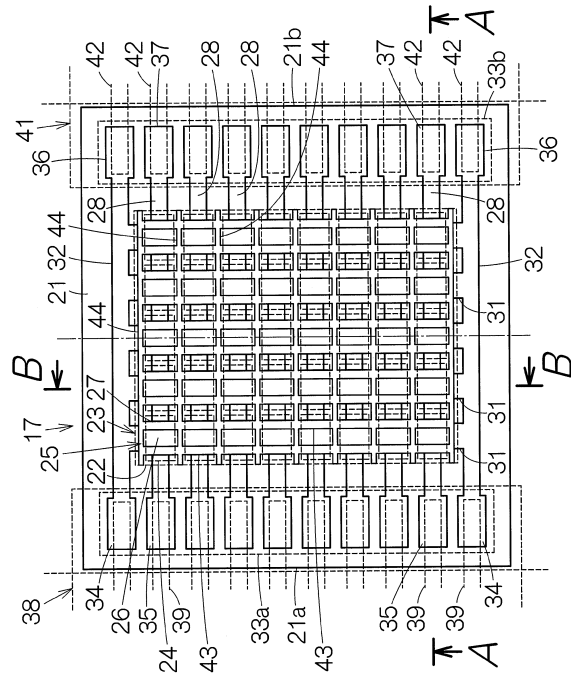
【図 1】



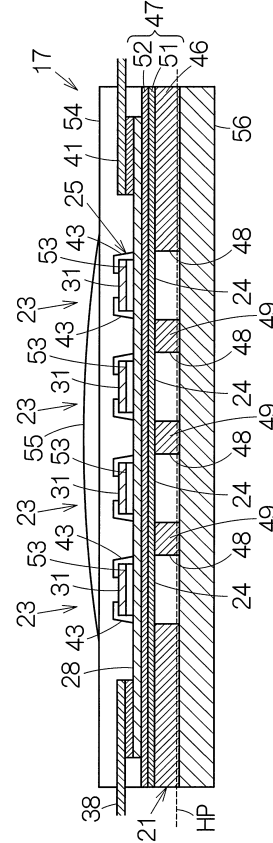
【図 2】



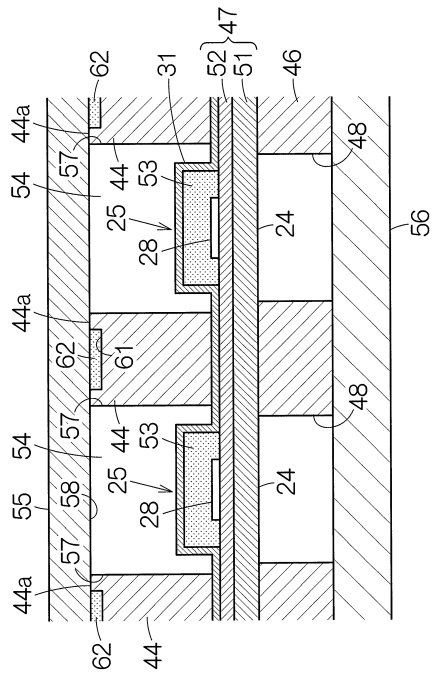
【図 3】



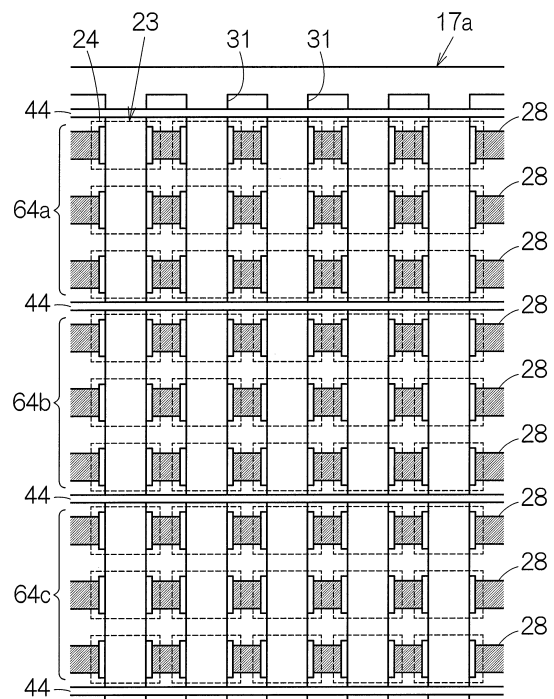
【図 4】



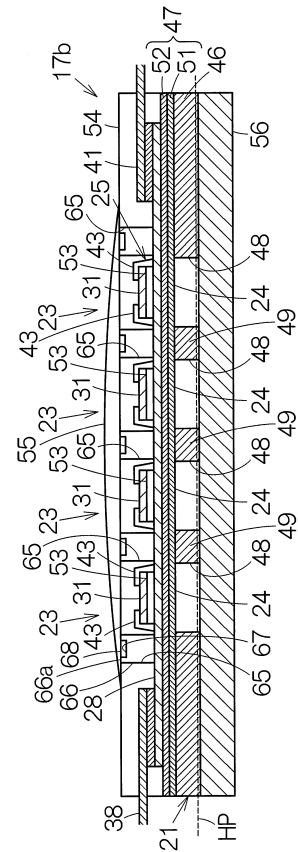
【図 5】



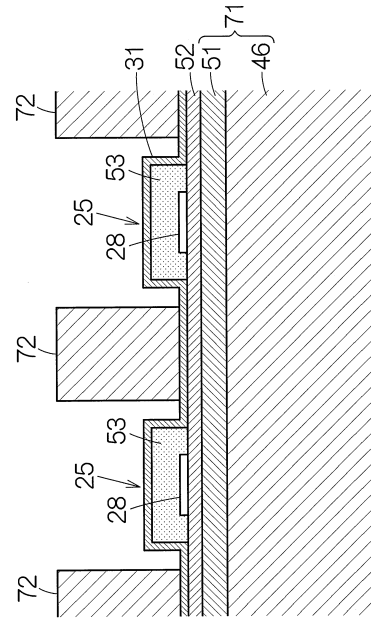
【図 6】



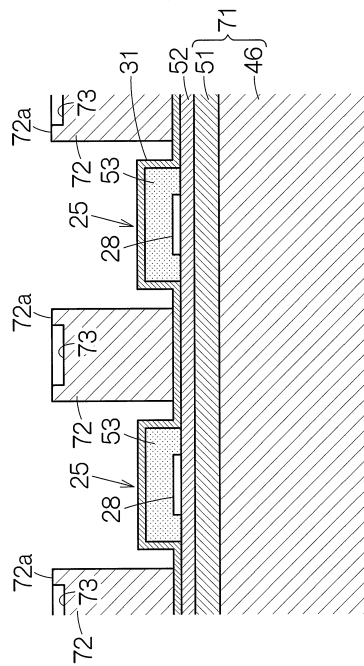
【図 7】



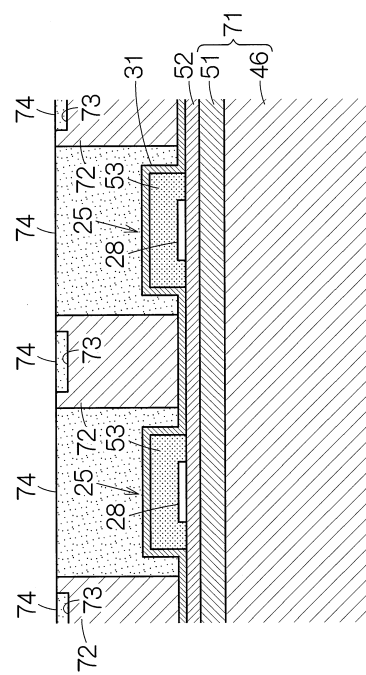
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(72)発明者 松田 洋史
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

審査官 武田 裕司

(56)参考文献 特開2011-124973(JP,A)
特開2008-283618(JP,A)
特開2012-215533(JP,A)
特開2013-063199(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04R 17/00
A61B 8/00