

(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2016-5222

(P2016-5222A)

(43) 公開日 平成28年1月12日(2016.1.12)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO4R 17/00 (2006.01)	HO4R 17/00	330G 2G047
A61B 8/00 (2006.01)	A61B 8/00	4C601
GO1N 29/24 (2006.01)	GO1N 29/24	5D019

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 35 頁)

(21) 出願番号 特願2014-126040 (P2014-126040)
 (22) 出願日 平成26年6月19日 (2014.6.19)

(71) 出願人 000002369
 セイコーエプソン株式会社
 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
 (74) 代理人 100095728
 弁理士 上柳 雅誉
 (74) 代理人 100116665
 弁理士 渡辺 和昭
 (72) 発明者 西脇 学
 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
 Fターム(参考) 2G047 AC13 BC13 CA01 EA11 GB02
 GB12 GB21 GB32 GB35
 4C601 EE10 GB14 GB19 GB41 GB44
 5D019 BB03 BB08 BB25 BB30 FF04

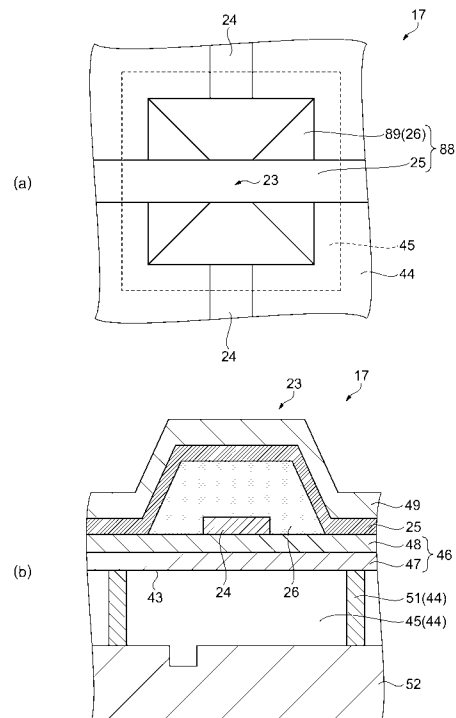
(54) 【発明の名称】 超音波プローブ

(57) 【要約】

【課題】 振動膜が疲労破壊され難い超音波プローブを提供する。

【解決手段】 振動膜43上に圧電素子23が設置された素子チップ17と、素子チップ17を支持する筐体と、を備え、圧電素子23は、振動膜43上に形成された下部電極24と、下部電極24上に形成された圧電体膜26と、圧電体膜26の表面に形成された上部電極25と、を備え、圧電体膜26は上部電極25側から下部電極24側へ向かって徐々に幅広となり、その断面形状が略台形状である。

【選択図】 図15



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

振動膜上に圧電素子が設置された超音波トランスデューサー素子チップと、前記超音波トランスデューサー素子チップを支持する筐体と、を備え、前記圧電素子は、前記振動膜上に設置された下電極と、前記下電極上に形成された圧電体と、前記圧電体の表面に形成された上電極と、を備え、前記圧電体は前記上電極側から前記下電極側へ向かって徐々に幅広となり、その断面形状が略台形形状であることを特徴とする超音波プローブ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、超音波プローブに関するものである。

【背景技術】

【0002】

超音波プローブに設置された超音波トランスデューサー素子チップから生体に超音波を照射し反射波を解析する超音波診断装置が広く活用されている。超音波トランスデューサー素子チップには圧電素子であるPZT素子が用いられることが多い。PZT素子は、一般に、多結晶体からなる圧電体薄膜と、この圧電体薄膜を間に挟んで配置される上電極及び下電極と、を備えた構造を有している。

【0003】

20

振動膜上にPZT素子が設置されたインクジェットヘッドが特許文献1に開示されている。これによると、振動膜上に下電極、圧電体薄膜及び上電極が積層されリソグラフィ法を用いてパターンニングされている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開平5-286131号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

30

特許文献1におけるPZT素子は断面形状が四角形である。従って、PZT素子の外縁部では振動膜に応力集中が生じ易い構造となっていた。その結果、振動膜に疲労破壊が生じ易くなっていた。そこで、振動膜が疲労破壊され難い超音波プローブが望まれていた。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、上述の課題を解決するためになされたものであり、以下の形態または適用例として実現することが可能である。

【0007】

[適用例1]

本適用例にかかる超音波プローブであって、振動膜上に圧電素子が設置された超音波トランスデューサー素子チップと、前記超音波トランスデューサー素子チップを支持する筐体と、を備え、前記圧電素子は、前記振動膜上に設置された下電極と、前記下電極上に形成された圧電体と、前記圧電体の表面に形成された上電極と、を備え、前記圧電体は前記上電極側から前記下電極側へ向かって徐々に幅広となり、その断面形状が略台形形状であることを特徴とする。

40

【0008】

本適用例によれば、超音波プローブは超音波トランスデューサー素子チップを備え、超音波トランスデューサー素子チップは超音波を発信する。超音波トランスデューサー素子チップは振動膜を備え、振動膜上に圧電素子が設置されている。圧電素子では振動膜上に下電極、圧電体、上電極がこの順に設置されている。そして、下電極と上電極との間に加

50

える電圧を変化させることにより圧電体が伸縮して振動膜が振動する。そして、振動膜の振動により超音波が発信される。

【 0 0 0 9 】

圧電素子は上電極側から下電極側へ向かって徐々に幅広になっている。そして、圧電素子の断面形状が略台形形状となっている。圧電素子の断面形状が四角形の時、圧電素子は圧電体の周囲で振動膜に応力が集中するので破壊し易くなる。本適用例では圧電素子の断面形状が略台形形状となっている。このとき、圧電素子は平面視で中央に近い場所で強く振動膜を加振し、周囲に近い場所では中央に比べて弱い力で加振する。従って、圧電素子の周囲では振動膜に応力が集中し難くなっている為、振動膜を疲労破壊され難くすることができる。

10

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 0 】

【 図 1 】 実施形態 1 にかかわる超音波診断装置の構成を概略斜視図。

【 図 2 】 超音波プローブの構成を示す組織側面図。

【 図 3 】 素子チップの構成を示す模式平面図。

【 図 4 】 素子チップの構成を示す模式側断面図。

【 図 5 】 補強板を示す模式平面図。

【 図 6 】 補強板を示す要部模式拡大図。

【 図 7 】 装置端末及び超音波プローブの回路図。

【 図 8 】 超音波トランスデューサー素子チップの製造方法を説明するための模式図。

20

【 図 9 】 超音波トランスデューサー素子チップの製造方法を説明するための模式図。

【 図 1 0 】 超音波トランスデューサー素子チップの製造方法を説明するための模式図。

【 図 1 1 】 超音波トランスデューサー素子チップの製造方法を説明するための模式図。

【 図 1 2 】 超音波トランスデューサー素子チップの製造方法を説明するための模式図。

【 図 1 3 】 圧電体膜の形成方法を説明するための模式図。

【 図 1 4 】 圧電体膜の形成方法を説明するための模式図。

【 図 1 5 】 圧電体膜の形成方法を説明するための模式図。

【 図 1 6 】 変形例にかかわり、(a) は、超音波トランスデューサー素子の構造を示す要部模式拡大平面図、(b) は、超音波トランスデューサー素子の構造を示す要部模式拡大断面図。

30

【 図 1 7 】 変形例にかかわり、(a) 及び(b) は、超音波トランスデューサー素子の構造を示す要部模式拡大断面図。

【 図 1 8 】 実施形態 2 にかかわり、(a) 及び(b) は圧電素子の構成を示す模式断面図。

【 図 1 9 】 圧電素子の製造方法を説明するための模式断面図。

【 図 2 0 】 各層が受ける応力の状態を説明するための模式断面図。

【 図 2 1 】 弾性膜除去部の効果を説明するための比較例の模式断面図。

【 図 2 2 】 振動板に加わる力と弾性変形量との関係を示す図。

【 図 2 3 】 実施形態 3 にかかわる圧電素子の構造を示す要部模式断面図。

【 図 2 4 】 実施形態 4 にかかわる圧電素子の構造を示す要部模式断面図。

40

【 図 2 5 】 実施形態 5 にかかわる圧電素子の構造を示す要部模式断面図。

【 図 2 6 】 (a) は、圧電素子の構造を示す要部模式平面図、(b) は、圧電素子の構造を示す要部模式側断面図。

【 図 2 7 】 実施形態 6 にかかわる圧電素子の構造を示す要部模式断面図。

【 図 2 8 】 実施形態 7 にかかわる圧電素子の構造を示す要部模式断面図。

【 図 2 9 】 実施形態 8 にかかわり、各層が受ける応力の状態を説明するための模式断面図。

【 図 3 0 】 実施形態 9 にかかわり、(a) は、圧電素子の構造を示す模式平面図、(b) は、圧電素子の構造を示す模式側断面図。

【 図 3 1 】 実施形態 1 0 にかかわり、各層が受ける応力の状態を説明するための模式断面

50

図。

【図 3 2】実施形態 1 1 にかかわり、各層が受ける応力の状態を説明するための模式断面図。

【図 3 3】実施形態 1 2 にかかわり、圧電素子の構造を示す模式断面図。

【図 3 4】実施形態 1 3 にかかわり、(a) は、圧電素子の構造示す模式平面図、(b) は、圧電素子の構造示す模式側断面図。

【図 3 5】(a) は、圧電素子の構造示す模式平面図、(b) は、圧電素子の構造示す模式側断面図。

【図 3 6】実施形態 1 4 にかかわり、各層が受ける応力の状態を説明するための模式断面図。

【図 3 7】実施形態 1 5 にかかわり、各層が受ける応力の状態を説明するための模式断面図。

【発明を実施するための形態】

【0011】

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。尚、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総てが本発明の解決手段として必須であるとは限らない。

(実施形態 1)

本実施形態では、超音波診断装置の特徴的な例について図 1 ~ 図 1 7 に従って説明する。

【0012】

(1) 超音波診断装置の全体構成

図 1 は超音波診断装置の構成を示す概略斜視図である。図 1 に示すように、超音波診断装置 1 1 は装置端末 1 2 と超音波プローブ 1 3 (プローブ) とを備える。装置端末 1 2 と超音波プローブ 1 3 とはケーブル 1 4 で相互に接続される。装置端末 1 2 と超音波プローブ 1 3 とはケーブル 1 4 を通じて電気信号をやりとりする。装置端末 1 2 にはディスプレイパネル 1 5 (表示装置) が組み込まれる。ディスプレイパネル 1 5 の画面は装置端末 1 2 の表面で露出する。装置端末 1 2 では、後述されるように、超音波プローブ 1 3 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 1 5 の画面に表示される。

【0013】

図 2 は超音波プローブの構成を示す組織側面図である。図 2 に示すように、超音波プローブ 1 3 は筐体 1 6 を有する。筐体 1 6 内には超音波トランスデューサー素子チップとしての素子チップ 1 7 が収容される。素子チップ 1 7 の表面は筐体 1 6 の表面で露出することができる。素子チップ 1 7 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 1 3 は、プローブ本体 1 3 a に着脱可能に連結されるプローブヘッド 1 3 b を備えることができる。このとき、素子チップ 1 7 はプローブヘッド 1 3 b の筐体 1 6 内に組み込まれることができる。

【0014】

図 3 は素子チップの構成を示す模式平面図である。図 3 に示すように、素子チップ 1 7 は基板 2 1 を備える。基板 2 1 には素子アレイ 2 2 が形成される。素子アレイ 2 2 は超音波トランスデューサー素子としての圧電素子 2 3 の配列で構成される。配列は複数行複数列のマトリックスで形成される。個々の圧電素子 2 3 は圧電素子部を備える。圧電素子部は下電極としての下部電極 2 4、上電極としての上部電極 2 5 及び圧電体としての圧電体膜 2 6 で構成される。個々の圧電素子 2 3 ごとに下部電極 2 4 及び上部電極 2 5 の間に圧電体膜 2 6 が挟み込まれる。

【0015】

下部電極 2 4 は複数本の第 1 導電体 2 4 a を有する。第 1 導電体 2 4 a は配列の行方向に相互に平行に延びる。1 行の圧電素子 2 3 ごとに 1 本の第 1 導電体 2 4 a が割り当てられる。1 本の第 1 導電体 2 4 a は配列の行方向に並ぶ圧電素子 2 3 の圧電体膜 2 6 に共通

10

20

30

40

50

に配置される。第1導電体24aの両端は一对の引き出し配線27にそれぞれ接続される。引き出し配線27は配列の列方向に相互に平行に延びる。したがって、総ての第1導電体24aは同一長さを有する。こうしてマトリクス全体の圧電素子23に共通に下部電極24は接続される。

【0016】

上部電極25は複数本の第2導電体25aを有する。第2導電体25aは配列の列方向に相互に平行に延びる。1列の圧電素子23ごとに1本の第2導電体25aが割り当てられる。1本の第2導電体25aは配列の列方向に並ぶ圧電素子23の圧電体膜26に共通に配置される。列ごとに圧電素子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ラインスキャンやセクタースキャンは実現される。1列の圧電素子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、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、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。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圧電素子23群は奇数列の圧電素子23群に対して行ピッチの2分の1でずらされればよい。奇数列及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。さらにまた、下部電極24及び上部電極25の役割は入れ替えられてもよい。すなわち、マトリクス全体の圧電素子23に共通に上部電極が接続される一方で、配列の列ごとに共通に圧電素子23に下部電極が接続されてもよい。

10

20

【0017】

基板21の輪郭は、相互に平行な一对の直線29で仕切られて対向する第1辺21a及び第2辺21bを有する。素子アレイ22の輪郭と基板21の外縁との間に広がる周縁領域31には、第1辺21aと素子アレイ22の輪郭との間に1ラインの第1端子アレイ32aが配置され、第2辺21bと素子アレイ22の輪郭との間に1ラインの第2端子アレイ32bが配置される。第1端子アレイ32aは第1辺21a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32bは第2辺21b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32aは一对の下部電極端子33及び複数の上部電極端子34で構成される。同様に、第2端子アレイ32bは一对の下部電極端子35及び複数の上部電極端子36で構成される。1本の引き出し配線27の両端にそれぞれ下部電極端子33、35は接続される。引き出し配線27及び下部電極端子33、35は素子アレイ22を二等分する垂直面で対称に形成されればよい。1本の第2導電体25aの両端にそれぞれ上部電極端子34、36は接続される。第2導電体25a及び上部電極端子34、36は素子アレイ22を二等分する垂直面で対称に形成されればよい。ここでは、基板21の輪郭は矩形に形成される。基板21の輪郭は正方形であってもよく台形であってもよい。

30

【0018】

基板21には第1フレキシブルプリント基板としての第1フレキ37が連結される。第1フレキ37は第1端子アレイ32aに覆い被さる。第1フレキ37の一端には下部電極端子33及び上部電極端子34に個別に対応して導電線すなわち第1信号線38が形成される。第1信号線38は下部電極端子33及び上部電極端子34に個別に向き合わせられ個別に接合される。同様に、基板21には第2フレキシブルプリント基板としての第2フレキ41が覆い被さる。第2フレキ41は第2端子アレイ32bに覆い被さる。第2フレキ41の一端には下部電極端子35及び上部電極端子36に個別に対応して導電線すなわち第2信号線42が形成される。第2信号線42は下部電極端子35及び上部電極端子36に個別に向き合わせられ個別に接合される。

40

【0019】

図4は素子チップの構成を示す模式側断面図である。図4に示すように、個々の圧電素子23は振動膜43を有する。振動膜43の構築にあたって基板21の基体44には個々の圧電素子23ごとに開口45が形成される。開口45は基体44に対してアレイ状に配

50

置される。基体 4 4 の表面には可撓膜 4 6 が一面に形成される。可撓膜 4 6 は、基体 4 4 の表面に積層される酸化シリコン層 4 7 (SiO_2) と、酸化シリコン層 4 7 の表面に積層される上面層 4 8 とで構成される。上面層 4 8 は酸化ジルコニウム (ZrO_2)、チタン (Ti)、酸化チタン (TiO) またはこれらが複合した膜となっている。可撓膜 4 6 は開口 4 5 に接する。こうして開口 4 5 の輪郭に対応して可撓膜 4 6 の一部が振動膜 4 3 として機能する。酸化シリコン層 4 7 の膜厚は共振周波数に基づき決定される。

【0020】

振動膜 4 3 の表面に下部電極 2 4、圧電体膜 2 6 及び上部電極 2 5 が順番に積層される。下部電極 2 4 には例えばチタン (Ti)、イリジウム (Ir)、白金 (Pt) 及びチタン (Ti) の積層膜やプラチナの膜を用いられることができる。圧電体膜 2 6 は例えばジルコン酸チタン酸鉛 (PZT) で形成されることことができる。上部電極 2 5 は例えばイリジウム (Ir) や白金 (Pt) で形成されることことができる。下部電極 2 4 及び上部電極 2 5 にはその他の導電材が利用されてもよく、圧電体膜 2 6 にはその他の圧電材料が用いられてもよい。ここでは、上部電極 2 5 の下で圧電体膜 2 6 は完全に下部電極 2 4 を覆う。圧電体膜 2 6 の働きで上部電極 2 5 と下部電極 2 4 との間で短絡は回避されることができ

10

【0021】

基板 2 1 の表面には保護膜 4 9 が積層される。保護膜 4 9 は例えば全面にわたって基板 2 1 の表面に覆い被さる。その結果、素子アレイ 2 2 や第 1 端子アレイ 3 2 a 及び第 2 端子アレイ 3 2 b、第 1 フレキ 3 7 及び第 2 フレキ 4 1 は保護膜 4 9 で覆われる。保護膜 4 9 には例えばシリコン樹脂膜が用いられることことができる。保護膜 4 9 は、素子アレイ 2 2 の構造や、第 1 端子アレイ 3 2 a 及び第 1 フレキ 3 7 の接合、第 2 端子アレイ 3 2 b 及び第 2 フレキ 4 1 の接合を保護する。

20

【0022】

隣接する開口 4 5 同士の間には仕切り壁 5 1 が区画される。開口 4 5 同士は仕切り壁 5 1 で仕切られる。仕切り壁 5 1 の壁厚み t は開口 4 5 の空間同士の間隔に相当する。仕切り壁 5 1 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 t は壁面同士の距離に相当する。すなわち、壁厚み t は壁面に直交して壁面同士の間挟まれる垂線の長さで規定されることができ。仕切り壁 5 1 の壁高さ H は開口 4 5 の深さに相当する。開口 4 5 の深さは基体 4 4 の厚みに相当する。したがって、仕切り壁 5 1 の壁高さ H は基体 4 4 の厚み方向に規定される壁面の長さで規定されることができ。基体 4 4 は均一な厚みを有することから、仕切り壁 5 1 は全長にわたって一定の壁高さ H を有することができ。仕切り壁 5 1 の壁厚み t が縮小されれば、振動膜 4 3 の配置密度は高められ、素子チップ 1 7 の小型化に寄与することができ。壁厚み t に比べて仕切り壁 5 1 の壁高さ H が大きければ、素子チップ 1 7 の曲げ剛性は高められることことができる。こうして開口 4 5 同士の間隔は開口 4 5 の深さよりも小さく設定される。

30

【0023】

基体 4 4 の裏面には補強板 5 2 (補強部材) が固定される。補強板 5 2 の表面に基体 4 4 の裏面が重ねられる。補強板 5 2 は素子チップ 1 7 の裏面で開口 4 5 を閉じる。補強板 5 2 はリジッドな基材を備えることことができる。補強板 5 2 は例えばシリコン基板から形成されることができ。基体 4 4 の板厚は例えば $100\ \mu\text{m}$ 程度に設定され、補強板 5 2 の板厚は例えば $100\sim 150\ \mu\text{m}$ 程度に設定される。ここでは、仕切り壁 5 1 は補強板 5 2 に結合される。補強板 5 2 は個々の仕切り壁 5 1 に少なくとも 1 カ所の接合域で接合される。接合には接着剤を用いてもよい。

40

【0024】

補強板 5 2 の表面には直線状の溝 5 3 (直線状溝部) が形成される。溝 5 3 は補強板 5 2 の表面を複数の平面 5 4 に分割する。複数の平面 5 4 は 1 つの仮想平面 HP 内で広がる。その仮想平面 HP 内で基体 4 4 の裏面は広がる。仕切り壁 5 1 は平面 5 4 に接合される。溝 5 3 は仮想平面 HP から窪む。溝 5 3 の断面形状は四角形であってもよく三角形であってもよく半円形その他の形状であってもよい。

50

【 0 0 2 5 】

図 5 は補強板を示す模式平面図である。図 5 に示すように、開口 4 5 は第 1 方向 D 1 に列を形成する。開口 4 5 の輪郭形状の図心 4 5 b は第 1 方向 D 1 の 1 直線 5 6 上で等ピッチに配置される。開口 4 5 の輪郭 4 5 a は 1 つの形状の複写で象られることから、同一形状の開口 4 5 が一定のピッチで繰り返し配置される。開口 4 5 の輪郭 4 5 a は例えば四角形に規定される。具体的には矩形に形成される。矩形の長辺は第 1 方向 D 1 に合わせ込まれる。こうして開口 4 5 は矩形の輪郭 4 5 a を有することから、仕切り壁 5 1 は全長にわたって一定の壁厚み t を有することができる。このとき、仕切り壁 5 1 の接合域は長辺の中央位置を含む領域であればよい。特に、仕切り壁 5 1 の接合域は長辺の全長を含む領域であればよい。仕切り壁 5 1 は長辺の全長にわたって開口 4 5 同士の間の全面で補強板 5 2 に面接合されることができる。さらに、仕切り壁 5 1 の接合域は四角形の各辺に少なくとも 1 力所ずつ配置されることができる。仕切り壁 5 1 の接合域は四角形を途切れなく囲むことができる。仕切り壁 5 1 は四角形の全周にわたって開口 4 5 同士の間の全面で補強板 5 2 に面接合されることができる。

10

【 0 0 2 6 】

溝 5 3 は一定の間隔 L で相互に平行に第 1 方向 D 1 に並べられる。溝 5 3 は第 1 方向 D 1 に交差する第 2 方向 D 2 に延びる。溝 5 3 の両端は補強板 5 2 の端面 5 7 a 及び端面 5 7 b で開口する。1 本の溝 5 3 は 1 列（ここでは 1 行）の開口 4 5 の輪郭 4 5 a を順番に横切る。個々の開口 4 5 には少なくとも 1 本の溝 5 3 が接続される。ここでは、第 2 方向 D 2 は第 1 方向 D 1 に直交する。したがって、溝 5 3 は矩形の短辺方向に開口 4 5 の輪郭 4 5 a を横切る。

20

【 0 0 2 7 】

図 6 は補強板を示す要部模式拡大図である。図 6 に示すように、平面 5 4 同士の間で溝 5 3 は基体 4 4 と補強板 5 2 との間に通路 5 8 a 及び通路 5 8 b を形成する。こうして溝 5 3 内の空間は開口 4 5 の内部空間に連通する。通路 5 8 a 及び通路 5 8 b は開口 4 5 の内部空間と基板 2 1 の外部空間との間で通気を確保する。基板 2 1 の表面に直交する方向すなわち基板 2 1 の厚み方向から見た平面視で、1 本の溝 5 3 は 1 列（ここでは 1 行）の開口 4 5 の輪郭 4 5 a を順番に横切ることから、次々に開口 4 5 同士は通路 5 8 a で接続される。溝 5 3 の両端は補強板 5 2 の端面 5 7 a 及び端面 5 7 b で開口する。こうして列端の開口 4 5 から基板 2 1 の輪郭の外側に通路 5 8 b は開放される。

30

【 0 0 2 8 】

溝 5 3 の間隔 L は開口 4 5 の開口幅 S よりも小さく設定される。開口幅 S は、溝 5 3 の並び方向すなわち第 1 方向 D 1 に開口 4 5 を横切る線分のうち最大の長さのもので規定される。言い換えると、開口幅 S は、開口 4 5 の輪郭 4 5 a に外接する平行線 5 9 同士の間隔に相当する。開口 4 5 ごとに開口 4 5 の輪郭 4 5 a に外接する平行線 5 9 は特定される。平行線 5 9 は第 2 方向 D 2 に延びる。仮に開口 4 5 ごとに開口幅 S が相互に相違する場合には、開口幅 S の最小値よりも小さい間隔 L で溝 5 3 は並べられればよい。ここでは、溝 5 3 の間隔 L は、開口 4 5 の開口幅 S の 3 分の 1 以上であって 2 分の 1 よりも小さく設定される。

40

【 0 0 2 9 】

(2) 超音波診断装置の回路構成

図 7 は装置端末及び超音波プローブの回路図である。図 7 に示されるように、超音波プローブ 1 3 には素子チップ 1 7 と接続する集積回路チップ 5 5 が設置されている。集積回路チップ 5 5 はマルチプレクサー 6 1 及び送受信回路 6 2 を備える。マルチプレクサー 6 1 は素子チップ 1 7 側のポート群 6 1 a と送受信回路 6 2 側のポート群 6 1 b とを備える。素子チップ 1 7 側のポート群 6 1 a には第 1 配線 6 0 経由で第 1 信号線 3 8 及び第 2 信号線 4 2 が接続される。こうしてポート群 6 1 a は素子アレイ 2 2 に繋がる。ここでは、送受信回路 6 2 側のポート群 6 1 b には集積回路チップ 5 5 内の規定数の信号線 6 3 が接続される。規定数はスキャンにあたって同時に出力される圧電素子 2 3 の列数に相当する。マルチプレクサー 6 1 はケーブル 1 4 側のポートと素子チップ 1 7 側のポートとの間で

50

相互接続を管理する。

【 0 0 3 0 】

送受信回路 6 2 は規定数の切り替えスイッチ 6 4 を備える。個々の切り替えスイッチ 6 4 はそれぞれ信号線 6 3 に接続される。送受信回路 6 2 は個々の切り替えスイッチ 6 4 ごとに送信経路 6 5 及び受信経路 6 6 を備える。切り替えスイッチ 6 4 には送信経路 6 5 と受信経路 6 6 とが並列に接続される。切り替えスイッチ 6 4 はマルチプレクサー 6 1 に選択的に送信経路 6 5 または受信経路 6 6 を接続する。送信経路 6 5 にはパルサー 6 7 が組み込まれる。パルサー 6 7 は振動膜 4 3 の共振周波数に応じた周波数でパルス信号を出力する。受信経路 6 6 にはアンプ 6 8、ローパスフィルター 6 9 (L P F) 及びアナログデジタル変換器 7 1 (A D C) が組み込まれる。個々の圧電素子 2 3 の検出信号は増幅されてデジタル信号に変換される。

10

【 0 0 3 1 】

送受信回路 6 2 は駆動 / 受信回路 7 2 を備える。送信経路 6 5 及び受信経路 6 6 は駆動 / 受信回路 7 2 に接続される。駆動 / 受信回路 7 2 はスキンの形態に応じて同時にパルサー 6 7 を制御する。駆動 / 受信回路 7 2 はスキンの形態に応じて検出信号のデジタル信号を受信する。駆動 / 受信回路 7 2 は制御線 7 3 によりマルチプレクサー 6 1 に接続される。マルチプレクサー 6 1 は駆動 / 受信回路 7 2 から供給される制御信号に基づき相互接続の管理を実施する。

【 0 0 3 2 】

装置端末 1 2 には処理回路 7 4 が組み込まれる。処理回路 7 4 は例えば中央演算処理装置 (C P U) やメモリーを備えることができる。超音波診断装置 1 1 の全体動作は処理回路 7 4 の処理に従って制御される。ユーザーから入力される指示に応じて処理回路 7 4 は駆動 / 受信回路 7 2 を制御する。処理回路 7 4 は圧電素子 2 3 の検出信号に応じて画像を生成する。画像は描画データで特定される。

20

【 0 0 3 3 】

装置端末 1 2 には描画回路 7 5 が組み込まれる。描画回路 7 5 は処理回路 7 4 に接続される。描画回路 7 5 にはディスプレイパネル 1 5 が接続される。描画回路 7 5 は処理回路 7 4 で生成された描画データに応じて駆動信号を生成する。駆動信号はディスプレイパネル 1 5 に送り込まれる。その結果、ディスプレイパネル 1 5 に画像が映し出される。

【 0 0 3 4 】

(3) 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。処理回路 7 4 は駆動 / 受信回路 7 2 に超音波の送信及び受信を指示する。駆動 / 受信回路 7 2 はマルチプレクサー 6 1 に制御信号を供給するとともに個々のパルサー 6 7 に駆動信号を供給する。パルサー 6 7 は駆動信号の供給に応じてパルス信号を出力する。マルチプレクサー 6 1 は制御信号の指示に従ってポート群 6 1 b のポートにポート群 6 1 a のポートを接続する。ポートの選択に応じて下部電極端子 3 3、下部電極端子 3 5、上部電極端子 3 4 及び上部電極端子 3 6 を通じて列ごとにパルス信号が圧電素子 2 3 に供給される。パルス信号の供給に応じて振動膜 4 3 は振動する。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が発せられる。

30

40

【 0 0 3 5 】

超音波の送信後、切り替えスイッチ 6 4 が切り替えられる。マルチプレクサー 6 1 はポートの接続関係を維持する。切り替えスイッチ 6 4 は送信経路 6 5 及び信号線 6 3 の接続に代えて受信経路 6 6 及び信号線 6 3 の接続を確立する。超音波の反射波は振動膜 4 3 を振動させる。その結果、圧電素子 2 3 から検出信号が出力される。検出信号はデジタル信号に変換されて駆動 / 受信回路 7 2 に送り込まれる。

【 0 0 3 6 】

超音波の送信及び受信は繰り返される。繰り返しにあたってマルチプレクサー 6 1 はポートの接続関係を変更する。その結果、ラインスキャンやセクタスキャンが実現される。スキャンが完了すると、処理回路 7 4 は検出信号のデジタル信号に基づき画像を形成す

50

る。形成された画像はディスプレイパネル 15 の画面に表示される。

【 0037】

(4) 超音波トランスデューサー素子チップの製造方法

図 8 ~ 図 12 は超音波トランスデューサー素子チップの製造方法を説明するための模式図である。図 8 に示されるように、シリコンウエハー 78 (基板) の表面には酸化シリコン膜 79 及び酸化ジルコニウム膜 81 が相次いで形成される。酸化ジルコニウム膜 81 の表面には導電膜が形成される。導電膜はチタン、イリジウム、白金及びチタンの積層膜で構成される。フォトリソグラフィ技術に基づき導電膜から下部電極 24、引き出し配線 27、図示しない下部電極端子 33 及び下部電極端子 35 が形成される。下部電極 24、引き出し配線 27、下部電極端子 33 及び下部電極端子 35 は個々の素子チップ 17 ごとに形成される。

10

【 0038】

図 9 に示されるように、下部電極 24 の表面で個々の圧電素子 23 ごとに圧電体膜 26 及び上部電極 25 が形成される。圧電体膜 26 及び上部電極 25 の形成にあたってシリコンウエハー 78 の表面に圧電材料膜及び導電膜が成膜される。圧電材料膜は PZT 膜から構成される。導電膜はイリジウム膜から構成される。フォトリソグラフィ技術に基づき個々の圧電素子 23 ごとに圧電材料膜及び導電膜から圧電体膜 26 及び上部電極 25 が成形される。

【 0039】

続いて、図 10 に示されるように、シリコンウエハー 78 の表面に導電膜 82 が成膜される。導電膜 82 は個々の素子チップ 17 内で列ごとに上部電極 25 を相互に接続する。そして、フォトリソグラフィ技術に基づき導電膜 82 から上部電極 25、上部電極端子 34 及び上部電極端子 36 が成形される。

20

【 0040】

その後、図 11 に示されるように、シリコンウエハー 78 の裏面からアレイ状の開口 45 が形成される。開口 45 の形成にあたってエッチング処理が施される。酸化シリコン膜 79 はエッチングストップ層として機能する。酸化シリコン膜 79 及び酸化ジルコニウム膜 81 からなる振動膜 43 は開口 45 により区画される。

【 0041】

補強板用のウエハー 83 の表面には直線状の溝 84 が形成される。溝 84 は相互に平行に等間隔で延びる。溝 84 の少なくとも一端はウエハー 83 の端面で開放される。溝 84 は、開口 45 の開口幅 S よりも小さい間隔 L で並べられる。こうして溝 84 の間隔 L が設定されると、シリコンウエハー 78 と補強板用のウエハー 83 との間で相対的に位置ずれが生じて、少なくとも 1 本の溝 84 は開口 45 の輪郭 45a を横切ることができる。例えば図 12 に示されるように、シリコンウエハー 78 に対して補強板用のウエハー 83 が第 1 方向 $D1$ にずれて溝 84a が隣り合う開口 45 の間に位置しても、2 つの開口 45 にはそれぞれ少なくとも 1 本の溝 84b が配置されることが出来る。シリコンウエハー 78 から個々の素子チップ 17 が切り出された際に、溝 84 は補強板 52 の溝 53 を提供する。

30

【 0042】

こうして溝 84 が形成されると、シリコンウエハー 78 及びウエハー 83 が大気中またはその他の気体雰囲気下で相互に重ね合わせられる場合でも、比較的簡単に重ね合わせは実現されることが出来る。その一方で、シリコンウエハー 78 の裏面が均一な平面に重ね合わせられると、個々の開口 45 内に補強板用のウエハーの平面で気体が押し詰められる。大気圧では開口 45 内の空間の体積よりも大きい体積の気体が開口 45 内に留まろうとする。開口 45 の封鎖と同時に、シリコンウエハー 78 及び補強板用のウエハーの隙間から余分な気体が逃げないと、シリコンウエハー 78 及び補強板用のウエハーの貼り合わせは実現されることが出来ない。

40

【 0043】

図 11 に戻って、シリコンウエハー 78 の裏面に補強板用のウエハー 83 (補強部材)

50

の表面が重ね合わせられる。重ね合わせに先立ってウエハー 83 はハンドリング機構やステージ上に保持される。ウエハー 83 には例えばリジッドな絶縁性基板が用いられることができる。絶縁性基板にはシリコンウエハーが用いられることができる。接合にあたって例えば接着剤を用いても良い。接合後、シリコンウエハー 78 から個々の素子チップ 17 が切り出されて素子チップ 17 が完成する。

【0044】

(5) 圧電体膜の製造方法と構造

次に、圧電素子 23 について詳細に説明する。

図 4 に示すように、基体 44 の補強板 52 とは反対側の可撓膜 46 の上には、厚さが例えば、約 $0.5 \mu\text{m}$ の下部電極 24 と、厚さが例えば、約 $1 \mu\text{m}$ の圧電体膜 26 と、厚さが例えば、約 $0.1 \mu\text{m}$ の上部電極 25 とが積層形成されて、圧電素子 23 (圧電素子) を構成している。このように、可撓膜 46 の各開口 45 に対向する領域には、開口 45 毎に独立して圧電素子 23 が設けられている。

10

【0045】

そして、かかる各上部電極 25 の上面の少なくとも周縁、及び圧電体膜 26 の側面を覆うように電気絶縁性を備えた保護膜 49 が形成されている。保護膜 49 は、成膜法による形成やまたエッチングによる形成が可能な材料、例えば酸化シリコン、窒化シリコン、有機材料、好ましくは剛性が低く、且つ電気絶縁性に優れた感光性ポリイミドで形成するのが好ましい。

【0046】

ここで、シリコン単結晶基板からなる基体 44 上に、圧電体膜 26 等を形成するプロセスを図 13 ~ 図 15 を参照しながら説明する。図 13 ~ 図 15 は圧電体膜の形成方法を説明するための模式図である。

20

【0047】

図 13 (a) に示すように、まず、基体 44 となるシリコン単結晶基板のウエハーを約 1100 の拡散炉で熱酸化して二酸化シリコンからなる酸化シリコン層 47 を形成する。次に、スパッタリングで上面層 48 を形成する。上面層 48 は酸化シリコン層 47 と下部電極 24 との密着力を向上させる。上面層 48 にはチタンと酸化チタンとチタンとを順次数十 形成した。上面層 48 のチタン、酸化チタン、チタン及び下部電極 24 は、直流スパッタリング法により 4 層連続形成し、その中で酸化チタンは 10% 酸素雰囲気によるリアクティブスパッタリング法によって形成した。

30

【0048】

次に、図 13 (b) に示すように、スパッタリングで下部電極 24 を形成する。下部電極 24 の材料としては、Pt 等が好適である。これは、スパッタリングやゾル-ゲル法で成膜する後述の圧電体膜 26 は、成膜後に大気雰囲気下または酸素雰囲気下で 600 ~ 1000 程度の温度で焼成して結晶化させる必要があるからである。すなわち、下部電極 24 の材料は、このような高温、酸化雰囲気下で導電性を保持できなければならず、殊に、圧電体膜 26 として PZT を用いた場合には、PbO の拡散による導電性の変化が少ないことが望ましく、これらの理由から Pt が好適である。次に、下部電極 24 を所定の形状にパターンニングする。このとき、公知のフォトリソグラフィ法とエッチング法を用いて下部電極 24 を形成する。

40

【0049】

次に、図 13 (c) に示すように、圧電体膜 26 を成膜する。この圧電体膜 26 の成膜にはスパッタリングを用いることもできるが、本実施形態では、金属有機物を溶媒に溶解し分散したいわゆるゾルを塗布乾燥してゲル化し、さらに高温で焼成することで金属酸化物からなる圧電体膜 26 を得る、いわゆるゾル-ゲル法を用いている。圧電体膜 26 の材料としては、チタン酸ジルコン酸鉛 (PZT) 系の材料が超音波プローブ 13 に使用する場合には好適である。

【0050】

次に、図 13 (d) 及び図 14 (a) に示すように、圧電体膜 26 をパターンニングする

50

。この際、圧電体能動部 88 の両側面 89 を上から下に向かって外側に広がるように傾斜させる。このようなテーパ面を有する圧電体能動部 88 の形成方法は特に限定されないが、例えば、断面略台形となるレジストパターンを設けてイオンミリング等することにより容易に製造することができる。

【0051】

すなわち、まず、レジストを塗布し、所定のマスクを用いて露光し、現像することにより、断面が略台形のレジストパターンを形成する。

【0052】

ここで、レジストは、例えば、ネガレジストをスピコート等により塗布して形成し、レジストパターンは、その後、所定形状のマスクを用いて露光・現像・ベークを行うことにより、形成する。この際、ポストベークを長めに行って側面を変形させることにより、または過剰に露光することにより、傾斜した側面を有するレジストパターンを容易に形成することができる。

10

【0053】

また、断面略台形の圧電体能動部 88 の底面と傾斜面とのなす角度は、レジストパターンの傾斜した側面と平行に形成されるため、ポストベークの時間により、断面略台形の圧電体能動部 88 の底面と傾斜面とのなす角度を容易に操作することが可能である。

【0054】

そして、この後、イオンミリング等により圧電体膜 26 をエッチングすることにより、断面略台形の圧電体能動部 88 を形成することができる。尚、勿論、ネガレジストの代わりにポジレジストを用いてもよい。

20

【0055】

次に、上部電極 25 を成膜する。上部電極 25 は、導電性の高い材料であればよく、Al、Au、Ni、Pt 等の多くの金属や、導電性酸化物等を使用できる。本実施形態では、上部電極 25 のために Pt をスパッタリングにより成膜している。以上説明したように、まず、下部電極 24 の全体のパターンを形成し、次いで、圧電体能動部 88 をパターンニングすることによりパターンニングが完了する。

【0056】

図 14 (a) に示すように、圧電体能動部 88 の両側の側面 89 は、上から下に向かって外側に傾斜しているテーパ面となっており、縦断面は略台形形状となっている。このような構造とすることにより、圧電体能動部 88 の両端部において、その駆動時に発生する力を外側へ行くほど徐々に小さくすることができる。従って、両側面における応力集中が防止され、破壊等の虞がなくなる。

30

【0057】

ここで、底面と傾斜面との成す角度は、5 ~ 75 度、好ましくは、5 ~ 45 度の範囲にあるのが望ましい。このような範囲から外れると、応力集中を防止するという効果が顕著には得られ難いからである。

【0058】

次に、図 14 (b) に示すように、上部電極 25 の周縁部、圧電体膜 26 及び下部電極 24 の側面を覆うように保護膜 49 を形成する。保護膜 49 の好適な材料は特に限定されないが、本実施形態ではネガ型の感光性ポリイミドを用いている。次に、各上部電極 25 の上面の少なくとも周縁、及び圧電体膜 26 の側面を覆うように電気絶縁性を備えたレジストを形成する。

40

【0059】

図 15 (a) は素子と開口との位置関係を説明するための模式図である。図中保護膜 49 は省略されている。上記のように形成された圧電体能動部 88 と開口 45 との平面位置関係は図に示すとおりである。圧電体膜 26 及び上部電極 25 からなる圧電体能動部 88 は、開口 45 に対向する領域内に設けられている。

【0060】

以上が膜形成プロセスである。このようにして膜形成を行った後、図 15 (b) に示す

50

ように、アルカリ溶液によりシリコン単結晶基板であるウエハーの異方性エッチングを行い、開口45等を形成する。尚、以上説明した一連の膜形成及び異方性エッチングは、一枚のウエハー上に多数のチップを同時に形成し、プロセス終了後、図3に示すような1つのチップサイズの基体44毎に分割する。また、分割した基体44と補強板52とを接着して一体化し、素子チップ17とする。

【0061】

(変形例1)

次に、超音波トランスデューサー素子の一変形例について図16を用いて説明する。図16(a)は、超音波トランスデューサー素子の構造を示す要部模式拡大平面図である。図16(b)は、超音波トランスデューサー素子の構造を示す要部模式拡大断面図である。本実施形態が実施形態1と異なるところは、圧電体能動部88の底面が開口45に対向する領域より幅方向外側まで延設されている点にある。尚、実施形態1と同じ点については説明を省略する。

10

【0062】

すなわち、変形例1では、図16に示すように、素子チップ91は基体92を備えている。基体92には開口93が形成され、仕切り壁94が開口93を仕切っている。開口93は実施形態1の開口45より小さい形状となっている。そして、圧電体能動部88は開口93に対向する領域内より広がっている。圧電体能動部88の外周は仕切り壁94上にある。

20

【0063】

このような構造とすることにより、実施形態1と同様に、圧電体能動部88の幅方向両側において応力集中が生じ難い。さらに、開口93の縁部93aと圧電体能動部88の両側面89との位置関係により、変位が多少小さくなるが、応力集中がさらに生じがたい構成となっている。尚、圧電体能動部88の上面88aを開口93に対向する領域内に設けることにより、十分な変位量を確保できる。

【0064】

(変形例2)

次に、超音波トランスデューサー素子の一変形例について図17を用いて説明する。図17(a)及び図17(b)は、超音波トランスデューサー素子の構造を示す要部模式拡大断面図である。本実施形態が実施形態1と異なるところは、圧電体能動部88の周囲に近い場所の下部電極24及び上部電極25に凹部が設置されている点にある。尚、実施形態1と同じ点については説明を省略する。

30

【0065】

変形例2の素子チップ95では圧電体能動部88の両側に下部電極24の厚さを薄くした下電極除去部96を形成したものである。そして、圧電体能動部88の両側に上部電極25の厚さを薄くした上電極除去部97を形成したものである。

【0066】

すなわち、開口45の幅方向両側の縁部に対向した領域である圧電体能動部88の両側の振動板の腕に相当する部分の下部電極24を一部除去することにより、下電極除去部96を形成したものである。このように下電極除去部96を設けることにより、圧電体能動部88への電圧印加による変位量の向上を図ることができる。

40

【0067】

開口45の幅方向両側の縁部に対向した領域である圧電体能動部88の両側の振動板の腕に相当する部分の上部電極25を一部除去することにより、上電極除去部97を形成したものである。このように上電極除去部97を設けることにより、圧電体能動部88への電圧印加による変位量の向上を図ることができる。

【0068】

また、圧電体能動部88の両側面89がテーパ面となっているので、その駆動時に発生する力を外側へ行くほど徐々に小さくすることができ、下電極除去部96及び上電極除去部97における応力集中が防止され、破壊等の虞がない。

50

【0069】

尚、下電極除去部96ではハーフエッチング等により下部電極24の一部を除去して下部電極24を薄肉にした。同様に、上電極除去部97ではハーフエッチング等により上部電極25の一部を除去して上部電極25を薄肉にした。

【0070】

(他の変形例)

以上、の実施形態および変形例を説明したが、装置の基本的構成は上述したものに限定されるものではない。例えば、上述した基板をガラスセラミックス製としてもよく、さらには、振動膜を別部材としてガラスセラミックス製としてもよく、材料、構造等の変更は自由である。

10

【0071】

また、以上説明した実施形態及び変形例は、成膜及びリソグラフィプロセスを応用することにより製造できる薄膜型の装置を例にしたが、勿論これに限定されるものではなく、例えば、基板を積層して開口を形成するもの、あるいはグリーンシートを貼付もしくはスクリーン印刷等により圧電体膜を形成するもの、または結晶成長により圧電体膜を形成するもの等、各種の構造の装置に本実施形態を応用することができる。このように、その趣旨に反しない限り、種々の構造の装置に本実施形態を応用することができる。

【0072】

(効果)

以上説明したように本実施形態においては、開口に対向する圧電体能動部88の断面が略台形状となるように形成したことにより、圧電体能動部の外縁部、特に両側の応力集中による破壊等を防止することができる。

20

【0073】

(実施形態2)

次に、超音波診断装置の一実施形態について図18~22を用いて説明する。本実施形態が実施形態1と異なるところは、振動膜43の厚みが圧電素子23と対向する場所と対向しない場所で異なっている点にある。尚、実施形態1と同じ点については説明を省略する。

【0074】

図18(a)及び図18(b)は圧電素子の構成を示す模式断面図である。すなわち、本実施形態では図18に示すように、基体44は、本実施形態では面方位(110)のシリコン単結晶基板からなる。基体44としては、通常、150~300 μm 程度の厚さのものが用いられ、望ましくは180~280 μm 程度、より望ましくは220 μm 程度の厚さのものが好適である。これは、隣接する開口45間の隔壁の剛性を保ちつつ、配列密度を高くできるからである。

30

【0075】

基体44の一方の面は開口面となり、他方の面には、例えば、ジルコニウムの膜を形成後、熱酸化することにより形成した圧縮応力を有する酸化ジルコニウムからなる、厚さ0.2~3.0 μm の可撓膜100が形成されている。

【0076】

開口45は異方性エッチングにより形成される。異方性エッチングは、シリコン単結晶基板をKOH等のアルカリ溶液に浸漬すると、徐々に侵食されて(110)面に垂直な第1の(111)面と、この第1の(111)面と約70度の角度をなし且つ上記(110)面と約35度の角度をなす第2の(111)面とが出現し、(110)面のエッチングレートと比較して(111)面のエッチングレートが約1/180であるという性質を利用して行われるものである。かかる異方性エッチングにより、二つの第1の(111)面と斜めの二つの第2の(111)面とで形成される平行四辺形状の深さ加工を基本として精密加工を行うことができ、開口45を高密度に配列することができる。

40

【0077】

本実施形態では、各開口45の長辺を第1の(111)面で、短辺を第2の(111)

50

面で形成している。この開口 45 は、基体 44 をほぼ貫通して可撓膜 100 に達するまでエッチングすることにより形成されている。尚、可撓膜 100 は、シリコン単結晶基板をエッチングするアルカリ溶液に侵される量がきわめて小さい。

【0078】

一方、基体 44 の開口面とは反対側の可撓膜 100 の上には、厚さが例えば、約 0.2 μm の下部電極 24 と、厚さが例えば、約 1 μm の圧電体膜 26 と、厚さが例えば、約 0.1 μm の上部電極 25 とが、後述するプロセスで積層形成されて、圧電素子 101 を構成している。ここで、圧電素子 101 は、下部電極 24、圧電体膜 26、及び上部電極 25 を含む部分をいう。一般的には、圧電素子 101 の何れか一方の電極を共通電極とし、他方の電極及び圧電体膜 26 を開口 45 毎にパターンニングして構成する。そして、ここではパターンニングされた何れか一方の電極及び圧電体膜 26 から構成され、両電極への電圧の印加により圧電歪みが生じる部分を圧電体駆動部 88 という。本実施形態では、下部電極 24 は圧電素子 101 の個別電極とし、上部電極 25 も圧電素子 101 の個別電極としている。各開口 45 に圧電体駆動部 88 が形成されていることになる。また、ここでは、圧電素子 101 と当該圧電素子 101 の駆動により変位が生じる可撓膜 100 とを合わせて圧電アクチュエーターと称する。尚、上述した例では、可撓膜 100 及び下部電極 24 が振動膜 102 として作用するが、下部電極 24 が弾性膜を兼ねるようにしてもよい。

10

【0079】

また、基体 44 の圧電素子 101 側に、この圧電素子 101 を構成する層と共に積層されて圧縮応力を有する膜を設け、振動板の初期撓み量を低減させている。本実施形態では、可撓膜 100 が圧縮応力を有する膜になっている。

20

【0080】

ここで、シリコン単結晶基板からなる基体 44 上に、振動膜 102 及び圧電素子 101 を構成する各層を形成するプロセスを図 19 を参照しながら説明する。図 19 は圧電素子の製造方法を説明するための模式断面図である。

【0081】

図 19 (a) に示すように、まず、基体 44 となるシリコン単結晶基板の一方面に、圧縮応力を有する可撓膜 100 を形成する。この可撓膜 100 の材質としては、所定の強度を有し、且つ圧縮応力を有する膜となる材料、例えば、金属酸化物等の多結晶体が好ましく、例えば、酸化ジルコニウム、酸化イリジウム、酸化ルテニウム、酸化タンタル、酸化ハフニウム、酸化オスミウム、酸化レニウム、酸化ロジウム、酸化パラジウム及びそれらの化合物等が挙げられる。例えば、酸化ジルコニウムまたは酸化ハフニウムの場合には、単斜晶系とすることにより、圧縮応力を有する膜とすることができる。

30

【0082】

本実施形態の可撓膜 100 では、シリコン単結晶基板上にジルコニウム層をスパッタリングで形成後、約 1150 の拡散炉で酸素中で熱酸化処理することにより、単斜晶系の酸化ジルコニウムからなる可撓膜 100 を形成した。ここで、ジルコニウムは酸化される際に、相転移温度以上に加熱されているため、冷却時に相転移を起こして単斜晶系となり、圧縮応力を有する酸化ジルコニウムとなる。次に、圧電素子 101 を設置する予定の場所以外の可撓膜 100 の薄くして弾性膜除去部 100a を設置する。これには公知のフォトリソグラフィ法とエッチング法を用いる。

40

【0083】

可撓膜 100 のオーバーエッチングの深さは、膜全体の応力バランスから考慮して形成すればよいが、特に、下部電極 24 が引張応力を有する場合には、少なくとも下部電極 24 の厚さよりも深いことが好ましく、例えば、本実施形態では、約 0.4 μm の深さで形成した。

【0084】

次に、スパッタリングで下部電極 24 を形成する。下部電極 24 の材料としては、白金、イリジウム等が好適である。これは、スパッタリング法やゾル-ゲル法で成膜する後述の圧電体膜 26 は、成膜後に大気雰囲気下または酸素雰囲気下で 600 ~ 1000 程度

50

の温度で焼成して結晶化させる必要があるからである。すなわち、下部電極 24 の材料は、このような高温、酸化雰囲気下で導電性を保持できなければならず、殊に、圧電体膜 26 としてチタン酸ジルコン酸鉛 (PZT) を用いた場合には、酸化鉛の拡散による導電性の変化が少ないことが望ましく、これらの理由から白金、イリジウム等が好適である。次に、下部電極 24 をパターニングする。これには公知のフォトリソグラフィ法とエッチング法を用いる。

【0085】

次に、図 19 (b) に示すように、圧電体膜 26 を成膜する。この圧電体膜 26 の成膜にはスパッタリング法を用いることもできるが、本実施形態では、金属有機物を溶媒に溶解・分散したいわゆるゾルを塗布乾燥してゲル化し、さらに高温で焼成することで金属酸化物からなる圧電体膜 26 を得る、いわゆるゾル-ゲル法を用いている。圧電体膜 26 の材料としては、PZT 系の材料が超音波用の素子チップ 17 に使用する場合には好適である。次に、圧電体膜 26 の断面形状を台形に形成する。

10

【0086】

次に、図 19 (c) に示すように、上部電極 25 を成膜する。上部電極 25 は、導電性の高い材料であればよく、例えば、アルミニウム、金、ニッケル、白金等の多くの金属や、導電性酸化物等を使用できる。本実施形態では、白金をスパッタリング法により成膜している。次に、上部電極 25 をパターニングする。次に、図 19 (d) に示すように、保護膜 49 を成膜する。

20

【0087】

本実施形態では、その後、開口 45 をエッチングにより形成するが、このときの圧電体能動部 88 が受ける応力の状態を以下に説明する。尚、図 20 は、各層が受ける応力の状態を説明するための模式断面図である。

【0088】

図 20 (a) に示すように、下部電極 24、圧電体膜 26 及び上部電極 25 は、基体 44 から引張応力を受けており、可撓膜 100 は、圧縮応力を受けている。そのため、図 20 (b) に示すように、圧電体能動部 88 を形成した状態では下部電極 24、圧電体膜 26 及び上部電極 25 は、それぞれ引張応力 σ_3 、 σ_2 、 σ_1 の一部が開放され、また、可撓膜 100 も一部が除去されることにより、可撓膜 100 の圧縮応力 σ_4 の一部が開放される。可撓膜 100 の圧縮応力 σ_4 が開放される大きさは、可撓膜 100 がエッチングにより除去された深さに比例する。このため、可撓膜 100 を少なくとも下部電極 24 の厚さよりも深く除去し、膜全体の応力のバランスを調整している。したがって、次に、図 20 (c) に示すように、圧電体能動部 88 の下方に開口 45 を形成しても、基体 44 から受ける下部電極 24、圧電体膜 26 及び上部電極 25 の応力 σ_3 、 σ_2 、 σ_1 の向きに対して可撓膜 100 の応力 σ_4 の向きが逆であるため、下部電極 24、圧電体膜 26 及び上部電極 25 の引張応力 σ_3 、 σ_2 、 σ_1 が開放される力と可撓膜 100 の圧縮応力 σ_4 が開放される力とがつり合っている。このため、振動膜 102 のたわみはほとんど発生しない。

30

【0089】

図 21 は弾性膜除去部の効果を説明するための比較例の模式断面図である。図 21 (a) に示すように可撓膜 103 が圧縮応力を受けていても、弾性膜除去部 100 a が形成されていない場合には、開口 45 形成前に、下部電極 24、圧電体膜 26 及び上部電極 25 にはそれぞれ引張応力 σ_3 、 σ_2 、 σ_1 が残留している。圧電体能動部 88 の断面形状を台形に形成して開口 45 を形成すると、図 21 (b) に示すように、引張応力 σ_3 、 σ_2 、 σ_1 は開放されて圧縮応力 σ_4 が収縮しようとする力が強くなる。その結果、可撓膜 103 は、下に凸に変形され、これが初期変形として残留する。

40

【0090】

このように、可撓膜 100 を圧縮応力を有する材料で形成し、可撓膜 100 の一部をオーバーエッチングして弾性膜除去部 100 a とした。これにより、圧電体能動部 88 の形成及び開口 45 の形成後に、各圧電体能動部 88 の幅方向両側の弾性膜除去部 100 a で圧縮応力が開放されて、可撓膜 100 が引張方向の応力を受ける。したがって、下部電極

50

24、圧電体膜26及び上部電極25の応力が相殺される。そして、開口45の形成による振動板の初期撓み量を低減または無くすることができる。また、同時に圧電体膜26の変形も防止できるため、圧電体膜26の開口45形成前の圧電特性を維持することができる。したがって、圧電素子101の変位効率を向上することができる。さらに、本実施形態では、可撓膜100を、多結晶体である金属酸化物で形成し、所定の強度を得るようにしたので、耐久性の低下も防止される。

【0091】

尚、従来より酸化ジルコニウム膜を可撓膜100として用いられているが、本実施形態では、酸化ジルコニウム膜を強い圧縮応力を有する単斜晶系膜とし且つその圧縮応力をエッチングすることで開放することにより、初期変形を緩和するものである。また、酸化ジルコニウム膜を単斜晶系膜として複合膜が受ける応力のバランスをとることにより膜間の剥離を防止する技術も提案されているが、酸化ジルコニウム膜の圧縮応力を開放して初期たわみを緩和するものではない。

10

【0092】

また、以上説明した一連の膜形成及び異方性エッチングは、一枚のウエハー上に多数のチップを同時に形成し、プロセス終了後、1つのチップサイズの基体44毎に分割する。

【0093】

ここで、本実施形態の圧電素子の駆動時の振動板に加わる力と弾性変形量との関係を説明する。図22は振動板に加わる力と弾性変形量との関係を示す図である。図中振動板は可撓膜100を示す。図22(a)に示すように、本実施形態では、初期段階で、振動板に変形がないので、駆動時に発生する力Fに対する変形Tが弾性変形域で生じることになる。一方、図22(b)に示すように、下部電極24、圧電体膜26及び上部電極25の応力により、初期に加わった力fによって初期変形tが生じている場合には、駆動時に力Fが加わると、塑性変形域に入ってしまうので、対応する変形Tは得られずに変形T'が生じることになり、(T-T')が変形の損失となる。

20

【0094】

(実施形態3)

次に、超音波診断装置の一実施形態について図23を用いて説明する。本実施形態が実施形態2と異なるところは、可撓膜46の酸化シリコン層47に相当する層を複数層で構成するようにした点にある。尚、実施形態2と同じ点については説明を省略する。図23は、圧電素子の構造を示す要部模式断面図である。

30

【0095】

本実施形態では、図23に示すように、基体44上に可撓膜106が形成されている。可撓膜106は、例えば、厚さが1.0 μ mの酸化シリコン膜からなる第1の弾性膜107と、この第1の弾性膜107上に設けられ、例えば、酸化ジルコニウム等の圧縮応力を有する酸化金属膜等で形成される第2の弾性膜108との二層で構成されている。そして、第2の弾性膜108の一部をオーバーエッチングして弾性膜除去部108aを形成することにより、可撓膜106の初期撓み量の減少及び圧電特性の向上を図っている。勿論、第2の弾性膜108の厚さ方向の全部を除去して弾性膜除去部108aとしてもよい。

【0096】

このような構成によっても、実施形態2と同様の効果が得られる。さらに、弾性膜を二層で構成することにより、弾性膜の強度を向上することができる。弾性膜除去部108aを形成することによって、確実に振動板の変位効率を向上することができる。

40

【0097】

尚、弾性膜除去部108aが形成される第2の弾性膜108の下層に設けられる第1の弾性膜107は圧縮応力を有することが好ましい。しかし、これに限定されず、少なくとも第2の弾性膜108が圧縮応力を有していればよく、第1の弾性膜107は、引張応力を有していてもよい。また、本実施形態では、第1の弾性膜107を酸化シリコン膜で形成したが、これに限定されず、例えば、ポロンドープシリコン膜または金属酸化膜等であってもよい。

50

【 0 0 9 8 】

また、本実施形態のように、可撓膜 1 0 6 を複数層で形成する場合には、弾性膜除去部 1 0 8 a を形成する圧縮応力を有する第 2 の弾性膜 1 0 8 を酸化シリコン膜で形成するようにしてもよい。

【 0 0 9 9 】

(実施形態 4)

次に、超音波診断装置の一実施形態について図 2 4 を用いて説明する。本実施形態が実施形態 3 と異なるところは、第 2 の弾性膜 1 0 8 に相当する層を複数層で構成するようにした点にある。尚、実施形態 3 と同じ点については説明を省略する。図 2 4 は、圧電素子の構造を示す要部模式断面図である。

10

【 0 1 0 0 】

本実施形態では、図 2 4 に示すように、基体 4 4 上に振動膜 1 1 1 が設置されている。振動膜 1 1 1 は、例えば、厚さが $1 \mu\text{m}$ の酸化シリコンからなる第 1 の弾性膜 1 1 2 と、第 1 の弾性膜 1 1 2 上に形成され、例えば、厚さが $0.2 \mu\text{m}$ の白金等の金属からなる第 2 の弾性膜 1 1 3 と、例えば、厚さが $1 \mu\text{m}$ で圧縮応力を有する酸化ジルコニウム等の金属酸化物等からなる第 3 の弾性膜 1 1 4 との三層で構成されている。そして、本実施形態では、最も上層の第 3 の弾性膜 1 1 4 の面方向の一部を第 2 の弾性膜 1 1 3 に達するまで除去して弾性膜除去部 1 1 1 a とした。

【 0 1 0 1 】

尚、第 2 の弾性膜 1 1 3 は、本実施形態では、白金で形成したが、これに限定されず、

20

【 0 1 0 2 】

このように、第 2 の弾性膜 1 1 3 を、白金、イリジウム等の金属で、第 3 の弾性膜 1 1 4 とはエッチング特性が異なり選択的にエッチングされない材料で形成することにより、弾性膜除去部 1 1 1 a を容易に形成することができる。また、この第 2 の弾性膜 1 1 3 は、例えば、安定化もしくは部分安定化酸化ジルコニウム等の引張り応力を有する金属酸化物でもよい。

【 0 1 0 3 】

また、本実施形態では、第 1 の弾性膜 1 1 2 を、酸化シリコン膜で形成したが、例えば、ポロンドープシリコン膜等であってもよい。

30

【 0 1 0 4 】

このような構成によっても、上述の実施形態の効果を得ることができる。また、本実施形態では、エッチングされる第 3 の弾性膜 1 1 4 の下に、さらにそれぞれ別部材で形成された第 1 の弾性膜 1 1 2 及び第 2 の弾性膜 1 1 3 を設けるようにしたので、弾性膜除去部 1 1 1 a 及び開口 4 5 の形成によって生じる振動板の撓みをさらに低く抑えることができる。

【 0 1 0 5 】

(実施形態 5)

次に、超音波診断装置の一実施形態について図 2 5 を用いて説明する。本実施形態が実施形態 2 と異なるところは、圧電体膜を下部電極 2 4 と上部電極 2 5 とが交差する場所以外にも設置した点にある。尚、実施形態 2 と同じ点については説明を省略する。図 2 5 は、圧電素子の構造を示す要部模式断面図である。図 2 6 (a) は、圧電素子の構造を示す要部模式平面図であり、図 2 6 (b) は、圧電素子の構造を示す要部模式側断面図である。

40

【 0 1 0 6 】

本実施形態では、図 2 5 (a) に示すように、圧電体としての圧電体膜 1 1 7 を全体に設け、上部電極 2 5 を各開口 4 5 に対応するように個別に設けている。この場合、上部電極 2 5 のパターンングにより圧電体膜 1 1 7 の厚さ方向の一部まで除去されてもよく、さらに、図 2 5 (b) に示すように、開口 4 5 に対応する領域以外の圧電体としての圧電体膜 1 1 8 を圧電体膜 1 1 8 の厚さ方向の一部まで積極的にパターンングするようにしても

50

よい。

【0107】

また、実施形態2～実施形態4では、圧電体能動部88が形成される領域以外の総ての領域の振動膜43をパターンングして弾性膜除去部100a、弾性膜除去部108a、弾性膜除去部111aとしたが、これに限定されない。例えば、図26(a)及び26(b)では基体44上に可撓膜119が設置され、可撓膜119上に下部電極24が設置されている。可撓膜119と下部電極24とで振動膜120が構成されている。圧電体能動部88の周囲で開口45の縁部に沿った部分のみに弾性膜除去部119aが設置されるようにしてもよい。

【0108】

(実施形態6)

次に、超音波診断装置の一実施形態について図27を用いて説明する。本実施形態が実施形態2と異なるところは、圧電体能動部88の周囲が弾性膜除去部に対向する領域まで延設した点にある。尚、実施形態2と同じ点については説明を省略する。図27は、圧電素子の構造を示す要部模式断面図である。

【0109】

本実施形態では、図27に示すように、下部電極24上に圧電体としての圧電体膜123が設置され、圧電体膜123上に上電極としての上部電極124が設置されている。そして、圧電体能動部88の周囲が弾性膜除去部100aに対向する領域まで延設されている。そして、圧電体能動部88を構成する圧電体膜123を一様な厚さで形成されている。

【0110】

このような構成によっても、実施形態2と同様の効果を奏する。また、本実施形態では、圧電体能動部88の周囲が弾性膜除去部100aに対向する領域に位置するように形成するようにした。すなわち、圧電体能動部88は、弾性膜除去部100aによって相対的に突出した部分の振動膜102の平面方向に向かう面を挟持するように設けられている。したがって、圧電体能動部88が振動膜102の平面幅方向へ位置ずれすることを防止することができる。

【0111】

(実施形態7)

次に、超音波診断装置の一実施形態について図28を用いて説明する。本実施形態が実施形態5と異なるところは、圧電体能動部88の周囲が弾性膜除去部に対向する領域まで延設した点にある。尚、実施形態5と同じ点については説明を省略する。図28は、圧電素子の構造を示す要部模式断面図である。

【0112】

本実施形態では、図28に示すように、基体44上に可撓膜119が設置され、可撓膜119上に下部電極24が設置されている。可撓膜119と下部電極24とで振動膜120が構成されている。圧電体能動部88の周囲で開口45の縁部に沿った部分のみに弾性膜除去部119aが設置されている。

【0113】

そして、下部電極24上に圧電体としての圧電体膜127が設置され、圧電体膜127上に上電極としての上部電極128が設置されている。圧電体能動部88はこの弾性膜除去部119aに対向する領域まで延設されている。

【0114】

このように、弾性膜除去部119aを狭い幅で設けることにより、膜形成の際、この弾性膜除去部119aに対向する領域の圧電体膜127は、表面が振動膜120の形状に沿って形成されず、略平面状に形成される。そのため、圧電体能動部88をパターンングしても弾性膜除去部119aに対向する領域の圧電体膜127は他の部分より厚く残ることになる。

【0115】

10

20

30

40

50

これにより、本実施形態においても、実施形態 6 と同様の効果を奏する。圧電体能動部 8 8 の周囲では下部電極 2 4 と上部電極 1 2 8 との距離が長くなる為、圧電体膜 1 2 7 の絶縁破壊が防止され、信頼性を向上することができる。

【0116】

(実施形態 8)

次に、超音波診断装置の一実施形態について図 2 9 を用いて説明する。本実施形態が実施形態 2 と異なるところは、可撓膜 1 0 0 の代りに下部電極を圧縮応力を有する膜にして下部電極 2 4 の一部を除去して下電極膜除去部とした点にある。尚、実施形態 2 と同じ点については説明を省略する。図 2 9 は、各層が受ける応力の状態を説明するための模式断面図である。

10

【0117】

本実施形態では、図 2 9 に示すように、基体 4 4 上に可撓膜 1 3 1、下電極としての下部電極 1 3 2、圧電体膜 2 6 及び上部電極 2 5 がこの順に設置されている。可撓膜 1 3 1 はシリコン単結晶基板からなる基体 4 4 の表面を酸化させた二酸化シリコン膜である。本実施形態の圧電体能動部 8 8 が受ける応力の状態を以下に説明する。

【0118】

図 2 9 (a) に示すように、圧電体膜 2 6 及び上部電極 2 5 は、基体 4 4 から引張応力 σ_2, σ_1 を受けており、本実施形態では、下部電極 1 3 2 が圧縮応力 σ_3 を受けている。そのため、図 2 9 (b) に示すように、台形となった圧電体能動部 8 8 では圧電体膜 2 6 及び上部電極 2 5 は、それぞれ引張応力 σ_2, σ_1 の一部が開放され、下部電極 1 3 2 は、圧縮応力 σ_3 の一部が開放される。下部電極 1 3 2 には圧電体膜 2 6 と重ならない場所の厚みが薄くなるように除去された下電極膜除去部 1 3 2 a が設置されている。

20

【0119】

図 2 9 (c) は、開口 4 5 をエッチングにより形成前後の各層が受ける応力の状態を模式的に示した図である。図 2 9 (c) に示すように、圧電体能動部 8 8 の下方に開口 4 5 を形成する。基体 4 4 から受ける圧電体膜 2 6 及び上部電極 2 5 の引張応力 σ_2, σ_1 が開放されて圧縮方向の力となり、一方、下部電極 1 3 2 の下電極膜除去部 1 3 2 a が形成されている部分の圧縮応力 σ_3 が開放されて引張り方向の力となる。したがって、圧電体膜 2 6 及び上部電極 2 5 の応力 σ_2, σ_1 が開放される力と下部電極 1 3 2 の圧縮応力 σ_3 が開放される力とがつり合っている場合には、可撓膜 1 3 1 のたわみはほとんど発生しない。

30

【0120】

このような圧縮応力を有する下部電極 1 3 2 の材料としては、圧縮応力を有する膜となる材料、例えば、金属、導電性酸化物または導電性窒化物であることが好ましく、具体的に、金属としては、例えば、白金、イリジウム、ルテニウム、オスミウム、レニウム、ロジウム及びパラジウム、並びにこれらの化合物等が挙げられる。導電性酸化物としては、例えば、酸化ルテニウム、酸化インジウム錫、酸化カドミウムインジウム、酸化錫、酸化マンガン、酸化レニウム、酸化イリジウム、酸化ストロンチウムルテニウム、酸化インジウム、酸化亜鉛、酸化チタン、酸化ジルコニウム、酸化ハフニウム及び酸化モリブデン、並びにこれらの化合物等が挙げられる。また、導電性窒化物としては、窒化ニオブ、窒化ジルコニウム、窒化タングステン、窒化ハフニウム、窒化モリブデン、窒化タンタル、窒化クロム及び窒化バナジウム、並びにこれらの化合物等が挙げられる。

40

【0121】

また、このような下部電極 1 3 2 は、上述の実施形態と同様に、ゾル - ゲル法、スパッタリング法等により形成することができる。さらに、上述のように、一般に圧電体膜 2 6 は、スパッタリング法やゾル - ゲル法で成膜されるため、成膜後に大気雰囲気下または酸素雰囲気下で 6 0 0 ~ 1 0 0 0 程度の温度で焼成して結晶化させる必要がある。そのため、下部電極 1 3 2 は、材料として白金及びイリジウム等の金属を用いた場合、このような高温、酸化雰囲気下では、引張り応力となってしまう。このような場合には、圧電体膜 2 6 をゾル - ゲル法またはスパッタリング法等により P Z T の前駆体膜を形成後、アルカ

50

り水溶液中での高圧処理法にて低温で結晶成長させる方法等により、圧縮応力とすることができる。

【0122】

このように、本実施形態では、下部電極132を圧縮応力を有する材料で形成して、下部電極132の一部をオーバーエッチングして下電極膜除去部132aを設けた。これにより、圧電体能動部88のパターニング及び開口45形成後に、各圧電体能動部88の幅方向両側に設けられた下電極膜除去部132aで圧縮応力が開放される。これにより、可撓膜131が引張方向の応力を受ける。したがって、圧電体膜26及び上部電極25の圧縮方向の応力が相殺され、開口45形成による可撓膜131の初期撓み量を低減または無くすることができる。また、同時に圧電体膜26の変形も防止できるため、圧電体膜26の開口45形成前の圧電特性を維持することができる。すなわち、圧電体能動部88の変位効率を向上することができる。

10

【0123】

尚、下部電極132の圧縮応力が開放される大きさは、下電極膜除去部132aの深さによって決る。したがって、下電極膜除去部132aの深さは、膜全体の応力バランスから考慮して決定することが好ましく、例えば、本実施形態では、0.1 μ mとした。

【0124】

(実施形態9)

次に、超音波診断装置の一実施形態について図30を用いて説明する。本実施形態が実施形態8と異なるところは、圧電体膜26と対向しない場所の下部電極24の幅を狭くした点にある。尚、実施形態8と同じ点については説明を省略する。図30(a)は、圧電素子の構造示す模式平面図であり、図30(b)は、圧電素子の構造示す模式側断面図である。

20

【0125】

本実施形態では、図30に示すように、基体44上に可撓膜135が設置され、可撓膜135上に第2の弾性膜136が重ねて設置されている。可撓膜135はシリコン単結晶基板からなる基体44の表面を酸化させた二酸化シリコン膜である。第2の弾性膜136上には下電極としての下部電極137が設置されている。基体44の平面視において圧電体膜26と対向しない場所では圧電体膜26と対向する場所より下部電極137の幅が狭くなっている。下部電極137が狭くなるように除去された部分が下電極膜除去部137aである。この部分では下部電極137の強度が低下する。そのため、可撓膜135と下部電極137との間に、例えば、酸化ジルコニウム等からなる第2の弾性膜136が設置され、可撓膜135の強度を強めている。このような構成によっても、実施形態8と同様の効果が得られる。また、本実施形態では、第2の弾性膜136を設けているため、可撓膜135、第2の弾性膜136及び下部電極137の強度が保持され、耐久性の低下が防止される。

30

【0126】

尚、本実施形態では、可撓膜135上に第2の弾性膜136を設けるようにしたが、これに限定されず、例えば、基体44と可撓膜135との間に酸化ジルコニウム等からなる第2の弾性膜136を設けるようにしてもよい。

40

【0127】

下部電極137上には圧電体膜26及び上部電極25が設置されている。圧電体膜26の上面と対向しない場所では圧電体膜26の上面と対向する場所より上部電極25の幅が狭くなっている。これにより、可撓膜135の応力分布における上部電極25の応力の影響を小さくしている。

【0128】

(実施形態10)

次に、超音波診断装置の一実施形態について図31を用いて説明する。本実施形態が実施形態2と異なるところは、下部電極24の代りに上部電極25を圧縮応力を有する膜とした点にある。尚、実施形態2と同じ点については説明を省略する。図31は、各層が受

50

ける応力の状態を説明するための模式断面図である。本実施形態の圧電体能動部 88 が受ける応力の状態を説明する。

【0129】

本実施形態では、図 31 (a) に示すように、基体 44 上に可撓膜 100、下部電極 24、圧電体膜 26 及び上部電極としての上部電極 140 がこの順に積層されている。圧電体膜 26 及び上部電極 140 の各層を成膜した状態では、圧電体膜 26 及び下部電極 24 は、それぞれ基体 44 から引張応力 σ_2, σ_3 を受け、上部電極 140 及び可撓膜 100 は、それぞれ圧縮応力 σ_1, σ_4 を受けている。

【0130】

そして、図 31 (b) に示すように、台形となった圧電体能動部 88 では上部電極 140 及び圧電体膜 26 の応力 σ_1, σ_2 の一部が開放される。

10

【0131】

図 31 (c) は、開口 45 をエッチングにより形成前後の各層が受ける応力の状態を模式的に示した図である。図 31 (c) に示すように、圧電体能動部 88 の下方に開口 45 を形成しても、圧電体膜 26 と上部電極 140 との基体 44 から受ける応力の向きが逆である。このため、圧電体膜 26 の引張応力 σ_2 が開放される力と上部電極 140 の圧縮応力 σ_1 が開放される力とがつり合っている。これにより、下部電極 24 及び可撓膜 100 からなる振動膜 102 の撓みはほとんど発生しない。

【0132】

このような圧縮応力を有する上部電極 140 の材料としては、圧縮応力を有し、また導電性の高い材料で形成するのが好ましく、例えば、白金、パラジウム、イリジウム、ロジウム、オスミウム、ルテニウム及びレニウムの何れかの金属が好適である。

20

【0133】

また、上部電極 140 は、上述の実施形態と同様に、スパッタリング法により成膜すればよいが、本実施形態では、上部電極 140 を所定のガス中、例えば、ガス圧 1 Pa 以下でスパッタリング法によって成膜することにより、上部電極 140 中にそのガスを取り込んでいる。これにより、上部電極 140 に、さらに大きな圧縮応力を付与することができる。

【0134】

尚、この上部電極 140 中に取り込むガスとしては、不活性ガスであることが好ましく、例えば、ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン及びラドンが好適である。また、スパッタリングの際のガス圧等の諸条件は、スパッタ装置及び材料等によって、適宜調整すればよい。

30

【0135】

このように、本実施形態では、少なくとも成膜した状態での上部電極 140 に圧縮応力を付与するようにしたため、圧電体能動部 88 の形成及び開口 45 形成後に上部電極 140 が引張方向の応力を受ける（圧縮応力が開放される）。この引張り応力と、圧電体膜 26 の圧縮方向の応力とが相殺され、開口 45 形成による可撓膜 100 の初期撓み量を低減または無くすることができる。また、上述のように、可撓膜 100 は、初期撓み量が低減されることによって圧電体能動部 88 の駆動によっても塑性変形域に入ることがなく、実質的に変形量を向上することができる。

40

【0136】

尚、本実施形態では、上部電極 140 中に不活性ガスを取り込むことにより、上部電極 140 にさらに大きな圧縮応力を付与するようにしたが、これに限定されるわけではない。上部電極 140 は、基本的には圧縮応力となっているので、不活性ガスを取り込まなくてもよいことは言うまでもない。

【0137】

(実施形態 11)

次に、超音波診断装置の一実施形態について図 32 を用いて説明する。本実施形態が実施形態 10 と異なるところは、上部電極 25 に、不活性ガスの代わりに、上部電極 25 の

50

金属とは異なる成分の金属、半金属、半導体または絶縁体等の添加物を添加することによって、上部電極 25 を圧縮応力とした点にある。尚、実施形態 10 と同じ点については説明を省略する。図 3 2 は、各層が受ける応力の状態を説明するための模式断面図である。

【0138】

本実施形態では、図 3 2 (a) に示すように、基体 4 4 上に可撓膜 1 0 0、下部電極 2 4、圧電体膜 2 6 及び上部電極 2 5 がこの順に積層されている。上部電極 2 5 及び圧電体膜 2 6 は台形に形成されている。そして、上部電極 2 5 に添加物 1 4 2 が添加される。添加物 1 4 2 の添加方法としては、例えば、上部電極 2 5 を形成後、上部電極 2 5 の上方からのイオン打ち込みによって、添加物 1 4 2 を上部電極 2 5 に添加することができる。

【0139】

また、例えば、図 3 2 (b) に示すように、上部電極 2 5 上に、上部電極 2 5 に添加される添加物層 1 4 3 を形成する。次いで、図 3 2 (c) に示すように不活性ガスまたは真空中で加熱処理することにより添加物層 1 4 3 の成分元素を上部電極 2 5 に固相拡散させることにより、上部電極 2 5 に添加物 1 4 2 を添加することができる。

【0140】

このように、イオン打ち込みまたは固相拡散によって上部電極 2 5 に添加物 1 4 2 を添加した場合には、図 3 2 (d) に示すように、上部電極 2 5 の上層部 1 4 4 に添加物 1 4 2 が多く添加されるため、上部電極 2 5 の上層部 1 4 4 が特に強い圧縮応力となる。

【0141】

このように、上部電極 2 5 に、上部電極 2 5 の金属とは異なる金属等の添加物を添加することにより、上部電極 2 5 は体積が膨張することによって圧縮応力となる。したがって、実施形態 10 と同様に、振動膜 1 0 2 の初期撓み量を低減することができ、実質的に圧電体能動部 8 8 の駆動による振動膜 1 0 2 の変形量を向上することができる。また、本実施形態では、上部電極 2 5 の上層部 1 4 4 が特に強い圧縮応力となっているため、振動膜 1 0 2 の初期撓み量を低減するのに効果的である。

【0142】

(実施形態 12)

次に、超音波診断装置の一実施形態について図 3 3 を用いて説明する。本実施形態が実施形態 10 と異なるところは、上部電極 2 5 を圧電体膜 2 6 に接する第 1 の電極膜とその上に積層される第 2 の電極膜とで構成した点にある。尚、実施形態 10 と同じ点については説明を省略する。図 3 3 は、圧電素子の構造を示す模式断面図である。

【0143】

本実施形態では、図 3 3 に示すように、基体 4 4 上に可撓膜 1 0 0、下部電極 2 4、圧電体膜 2 6、第 1 の電極膜 1 4 7 及び第 2 の電極膜 1 4 8 がこの順に積層されている。第 1 の電極膜 1 4 7 及び第 2 の電極膜 1 4 8 により上電極としての上部電極 1 4 9 が構成されている。

【0144】

第 1 の電極膜 1 4 7 は、実施形態 10 と同様、白金、パラジウム、イリジウム、ロジウム、オスミウム、ルテニウム及びレニウムの何れかの金属で形成され、圧縮応力を有している。また、第 2 の電極膜 1 4 8 は、第 1 の電極膜 1 4 7 よりも強い圧縮応力を有することが好ましく、例えば、酸化ルテニウム、酸化インジウム錫、酸化カドミウムインジウム、酸化錫、酸化マンガン、酸化レニウム、酸化イリジウム、酸化ストロンチウムルテニウム、酸化インジウム、酸化亜鉛、酸化チタン、酸化ジルコニウム、酸化ハフニウムまたは酸化モリブデン等の導電性の酸化膜、あるいは、例えば、窒化チタン、窒化ニオブ、窒化ジルコニウム、窒化タンゲステン、窒化ハフニウム、窒化モリブデン、窒化タンタル、窒化クロムまたは窒化バナジウム等の導電性の窒化膜で形成されている。

【0145】

上部電極 1 4 9 の形成方法は、特に限定されないが、本実施形態では、以下の方法で形成した。実施形態 2 の薄膜製造工程と同様に、基体 4 4 上に下部電極 2 4 を形成し、圧電体膜 2 6 を成膜後台形に形成する。次に、上部電極 1 4 9 を構成する第 1 の電極膜 1 4 7

10

20

30

40

50

を成膜し、次いで、第1の電極膜147上に、第1の電極膜147とは異なる主成分を有する第2の電極膜148を形成する。ここで、第2の電極膜148は、好ましくは導電性酸化膜または導電性窒化膜からなる。これらは、直接、酸化膜または窒化膜を形成してもよいが、成膜した後、酸化または窒化して形成してもよい。その後、上述の製造工程と同様に、上部電極149及び開口45を形成する。

【0146】

上部電極149をこのような構成としても、実施形態10と同様に、振動膜102の圧電体能動部88の駆動による変形量を向上することができる。また、上部電極149を圧縮応力を有する二層で構成し、上層を導電性の酸化膜または窒化膜等で構成することにより、下層よりも強い圧縮応力としたので、実施形態10と同様に、振動膜102の初期撓み量を効果的に抑えることができる。

10

【0147】

尚、本実施形態では、上部電極149を二層で構成しているが、例えば、第1の電極膜147を設けず、導電性酸化膜または導電性窒化膜で形成される第2の電極膜148のみで構成するようにしてもよい。このような構成においても、上述の実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0148】

(実施形態13)

次に、超音波診断装置の一実施形態について図34を用いて説明する。本実施形態が実施形態8と異なるところは、圧電体能動部88に対向する領域の略中央部に可撓膜100の厚さ方向の一部を除去した弾性膜除去部を設けた点にある。尚、実施形態8と同じ点については説明を省略する。図34(a)は、圧電素子の構造示す模式平面図であり、図34(b)は、圧電素子の構造示す模式側断面図である。

20

【0149】

本実施形態では、図34に示すように、基体44上に可撓膜152、下部電極24、圧電体膜26及び上部電極25がこの順に積層されている。可撓膜152及び下部電極24により振動膜153が構成されている。圧電体能動部88に対向する領域の略中央部には可撓膜152の厚さ方向の一部を除去した弾性膜除去部152aが設置されている。

【0150】

このような構成においても、上述の実施形態と同様に、弾性膜除去部152aによって可撓膜152の圧縮応力の一部が開放され、振動膜153の初期撓み量を低減することができる。さらに、振動膜153の初期撓み量の低減と同時に、圧電体膜26に引張り方向の力が付与される。これにより、圧電体膜26の応力が、成膜時と同等かもしくは引張り方向に強くすることができ、圧電特性を実質的に向上することができる。

30

【0151】

尚、本実施形態では、開口45側の振動膜153の幅方向略中央部に、弾性膜除去部152aを設けるようにしたが、これに限定されない。次に、本実施形態の変形例を示す。図35(a)は、圧電素子の構造示す模式平面図であり、図35(b)は、圧電素子の構造示す模式側断面図である。

【0152】

図35に示すように、基体44上に可撓膜154、下部電極24、圧電体膜26及び上部電極25がこの順に積層されている。可撓膜154及び下部電極24により振動膜155が構成されている。圧電体能動部88に対向する領域の周囲には可撓膜154の厚さ方向の一部を除去した弾性膜除去部154aが設置されている。

40

【0153】

このような構成においても、上述の実施形態と同様に、振動膜155の圧縮応力の一部が弾性膜除去部154aによって開放され、振動膜155の初期撓み量を低減することができ、圧電特性を実質的に向上することができる。

【0154】

(実施形態14)

50

次に、超音波診断装置の一実施形態について図36を用いて説明する。本実施形態が実施形態2と異なるところは、下部電極24と圧電体膜26との間に、下部電極24とは実質的に異なる材料からなる導電性膜をさらに設け、この導電性膜を圧縮応力を有する膜とした点にある。尚、実施形態2と同じ点については説明を省略する。図36は、各層が受ける応力の状態を説明するための模式断面図である。

【0155】

本実施形態では、図36(a)に示すように、基体44上に可撓膜100、下部電極24、導電性膜158、圧電体膜26及び上部電極25がこの順に設置されている。可撓膜100及び下部電極24により振動膜159が構成されている。可撓膜100はシリコン単結晶基板からなる基体44の表面を酸化させた二酸化シリコン膜である。ここで、本実施形態の圧電体能動部88が受ける応力の状態を説明する。

10

【0156】

圧電体膜26及び上部電極25等の各層を成膜した状態では、上部電極25、圧電体膜26及び下部電極24は、それぞれ基体44から引張応力 σ_1 、 σ_2 、 σ_3 を受ける。可撓膜100及び導電性膜158が、それぞれ圧縮応力 σ_4 、 σ_5 を受けている。

【0157】

そして、図36(b)に示すように、台形となった圧電体能動部88では上部電極25及び圧電体膜26の引張応力 σ_1 、 σ_2 の一部が開放される。そして、導電性膜158では圧電体膜26の底面と対応する場所以外の場所を除去して導電性膜除去部160とした。導電性膜除去部160により導電性膜158の圧縮応力 σ_5 の一部が開放されている。

20

【0158】

図36(c)は、開口45をエッチングにより形成前後の各層が受ける応力の状態を模式的に示した図である。図36(c)に示すように、圧電体能動部88の下方に開口45を形成しても、上部電極25、圧電体膜26及び下部電極24と導電性膜158及び可撓膜100とから受ける応力の向きが逆であるため、上部電極25及び圧電体膜26の引張応力 σ_1 、 σ_2 が開放される力と導電性膜158の圧縮応力 σ_5 が開放される力とがつり合っていると、下部電極24及び可撓膜100からなる振動膜159の撓みはほとんど発生しない。

【0159】

このように導電性膜158は圧縮応力を受ける膜であり、また、圧電体膜26と反応性に乏しい膜（好ましくは、PZTの鉛が拡散しないような膜）であることが望ましい。これらの事情を考慮すると、導電性膜158は金属酸化膜であることが好ましく、具体的には、酸化イリジウム、酸化レニウム、酸化ルテニウムのうち何れか1つを主成分とする膜であることが望ましい。

30

【0160】

また、導電性膜158の製造方法は、特に限定されず、上述の実施形態と同様に、下部電極24を形成後、例えば、ゾル-ゲル法によって成膜することができる。また、その後、圧電体膜26及び上部電極25を成膜して、圧電体能動部88のパターニングと共に、圧電体能動部88の幅方向両側の導電性膜158をパターニングして導電性膜除去部160とすることによって、本実施形態の構成となる。

40

【0161】

ここで、このような本実施形態の圧電素子と従来の圧電素子との振動膜159の変位量の測定結果を以下に示す。

【0162】

本実施形態における圧電素子の各層におけるパラメータは以下のものである。上部電極25の材質は白金で、厚みは100nmである。圧電体膜26の圧電歪定数は150pC/Nで厚みは1000nmである。上部電極25と圧電体膜26の幅は40 μ mである。導電性膜158の材質は酸化イリジウムであり、膜厚は0.7 μ mである。下部電極24の材質は白金であり、膜厚は0.2 μ mである。可撓膜100の厚さは1.0 μ mである。圧電体膜26に印加される電圧は25Vである。この条件下で振動膜159の最大変

50

位量は195 nmであった。

【0163】

上記と同じ条件での従来技術（導電性膜158を設けない場合）ではコンプライアンスを同じにしたとき、最大変位量は150 nmであった。このように、本実施形態の構成では従来技術と比べて30%も大きな変位を得られることがわかる。すなわち、振動板の初期撓み量が確実に低減されている。

【0164】

以上説明したように、本実施形態によれば、上述の実施形態と同様に、振動板の初期撓み量を低減でき、さらに、超音波プローブの振動板を駆動したときの耐久性が向上する。また、本実施形態では、下部電極24と圧電体膜26の間に導電性膜158を介在した構造であるため、圧電素子の製造工程において、下部電極24が露出するまで導電性膜158をエッチングする場合には、導電性膜158と下部電極24のエッチング選択比の大きいエッチングガスを適当に選択すれば、制御性よくエッチング停止をすることができる。例えば、プラズマモニターを用いてエッチングする場合には、エッチング終点制御が容易になる。従って、素子チップ17の製造の歩留まりが向上し、大量生産に好適な圧電素子を提供することができるため、生産性良く製造することができる。

10

【0165】

尚、本実施形態では、導電性膜158を一層で構成するようにしたが、これに限定されず、例えば、二層で構成するようにしてもよい。この場合には、二層とも圧縮応力を有することが好ましいが、これに限定されず、少なくとも上層が圧縮応力を有していればよい。

20

【0166】

（実施形態15）

次に、超音波診断装置の一実施形態について図37を用いて説明する。本実施形態が実施形態2と異なるところは、開口45において可撓膜100が圧電体膜26側に凹むように応力を調整した点にある。各層の応力の状態を最適化することにより、振動板を上に変形した状態とすることができ、圧電特性等をさらに向上することができる。尚、実施形態2と同じ点については説明を省略する。図37は、各層が受ける応力の状態を説明するための模式断面図である。

【0167】

何れかの層を圧縮膜として、その除去部を設けた各実施形態において、振動膜43の腕部の厚さ方向の一部を除去するようにしてもよい。このような構成により、振動膜43は変形し易く、結果的に上に凸になり易い。尚、このとき振動膜43は、圧縮応力であっても引張り応力であってもよい。

30

【0168】

一例として、上部電極25及び可撓膜100が圧縮応力であり、可撓膜100の腕部に弾性膜除去部100aを設けた例の圧電体能動部88の応力状態を図37に示す。

【0169】

本実施形態では、図37(a)に示すように、基体44上に可撓膜100、下部電極24、圧電体膜26及び上部電極25がこの順に設置されている。圧電体膜26及び上部電極25の各層を成膜した状態では、圧電体膜26及び下部電極24は、それぞれ基体44から引張り応力 σ_2 、 σ_3 を受け、上部電極25及び可撓膜100は、それぞれ圧縮応力 σ_1 、 σ_4 を受けている。この上部電極25の圧縮応力 σ_1 の大きさは、本実施形態では、圧電体膜26及び下部電極24の引張り応力 σ_2 、 σ_3 の大きさより大きい。また、膜全体の応力としても圧縮方向に大きくなっている。

40

【0170】

図37(b)に示すように、台形となった圧電体能動部88では上部電極25及び圧電体膜26及び下部電極24の応力 σ_1 、 σ_2 、 σ_3 の一部が開放される。また、同時に、本実施形態では、圧電体能動部88の周囲の可撓膜100の一部を除去して弾性膜除去部100aとしているため、可撓膜100の応力 σ_4 の一部も開放される。

50

【 0 1 7 1 】

次に、図 3 7 (c) に示すように、圧電体能動部 8 8 の下方に開口 4 5 を形成しても、圧電体膜 2 6 及び下部電極 2 4 と上部電極 2 5 及び可撓膜 1 0 0 との基体 4 4 から受ける応力の向きが逆であり、圧電体膜 2 6 及び下部電極 2 4 の引張応力 σ_2 、 σ_3 が開放される力よりも上部電極 2 5 の圧縮応力 σ_1 及び可撓膜 1 0 0 の圧縮応力 σ_4 の一部が開放される力の方が大きいため、可撓膜 1 0 0 からなる振動膜 1 0 2 が上に凸に変形する。

【 0 1 7 2 】

このように、本実施形態では、上部電極 2 5 に、所定以上の大きさの圧縮応力を付与するようにした。そのため、圧電体能動部 8 8 を台形に形成し開口 4 5 を形成すると、上部電極 2 5 が引張方向の応力を受けて（圧縮応力が開放されて）、上部電極 2 5 の応力が圧電体膜 2 6 及び下部電極 2 4 の圧縮方向の応力と相殺される。さらに、振動板を上に凸に変形させることができる。また、特に、本実施形態では、圧電体能動部 8 8 の周囲の可撓膜 1 0 0 に、厚さ方向の一部を除去した弾性膜除去部 1 0 0 a を形成したため、振動膜 1 0 2 のコンプライアンスが向上し、振動膜 1 0 2 がより上に凸に変形しやすくなっている。したがって、圧電体能動部 8 8 の駆動による振動板の変形量を著しく向上することができる。

10

【 0 1 7 3 】

尚、本実施形態では、可撓膜 1 0 0 及び上部電極 2 5 が、圧縮応力を有する圧縮膜となっているが、これに限定されず、少なくとも下部電極 2 4、上部電極 2 5、または下部電極 2 4 上に形成される圧電体膜 2 6 の何れかが圧縮膜であればよく、勿論、二者または総てが圧縮膜であってもよい。

20

【 0 1 7 4 】

（他の実施形態）

以上、本発明の各実施形態を説明したが、圧電素子の基本的構成は上述したものに限定されるものではない。

【 0 1 7 5 】

また、以上説明した各実施形態は、成膜及びリソグラフィプロセスを応用することにより製造できる圧電素子を例にしたが、勿論これに限定されるものではなく、例えば、基板を積層して仕切り壁 5 1 や開口 4 5 を形成するもの、あるいはグリーンシートを貼付もしくはスクリーン印刷等により圧電体膜を形成するもの等、各種の構造の圧電素子に本発明を採用することができる。

30

【 0 1 7 6 】

このように、本実施形態は、その趣旨に反しない限り、種々の構造の素子チップ 1 7 に応用することができる。

【 0 1 7 7 】

（効果）

以上説明したように、可撓膜 1 0 0 の腕部に対応する部分の少なくとも一部を除去するようにしたので、圧縮応力の一部が開放された。開口 4 5 をバターニングしても、振動膜 1 0 2 の撓みを低減することができる。また、可撓膜 1 0 0 の撓みがほとんど発生しない場合には、圧電体膜 2 6 の圧電特性を維持、実質的に向上することができ、圧電素子の変位効率を向上することができるという効果を奏する。

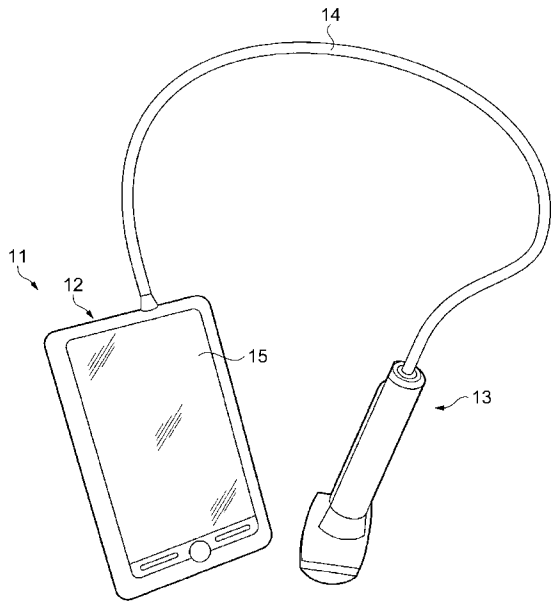
40

【 符号の説明 】

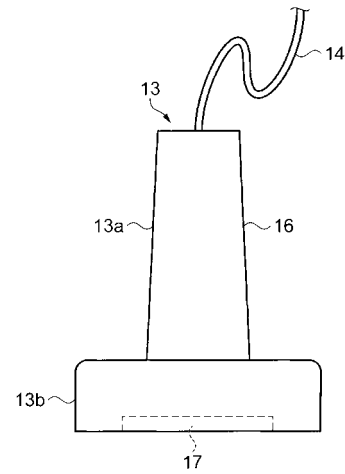
【 0 1 7 8 】

1 6 ... 筐体、1 7 ... 超音波トランスデューサー素子チップとしての素子チップ、2 4 , 1 3 2 , 1 3 7 ... 下電極としての下部電極、2 5 ... 上電極としての上部電極、2 6 , 1 1 7 , 1 1 8 , 1 2 3 , 1 2 7 ... 圧電体としての圧電体膜、4 3 , 1 0 2 , 1 1 1 , 1 2 0 , 1 5 3 , 1 5 5 , 1 5 9 ... 振動膜、1 2 4 ... 上部電極、1 2 8 , 1 4 0 , 1 4 9 ... 上電極としての上部電極。

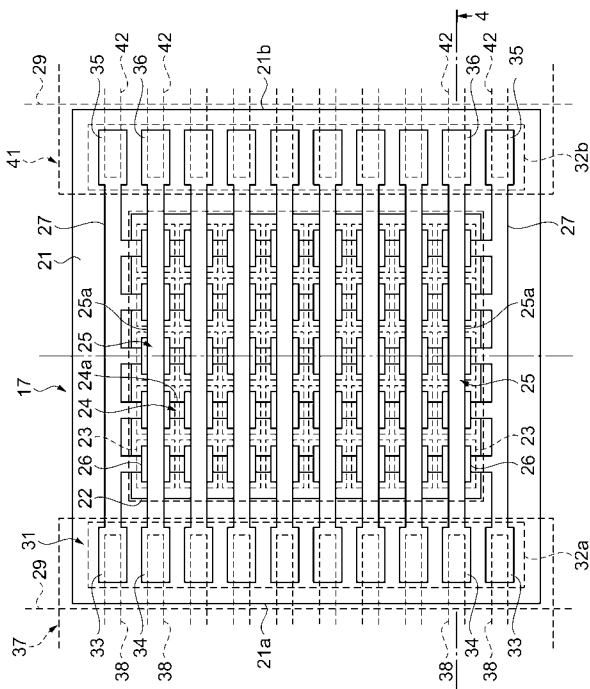
【 図 1 】



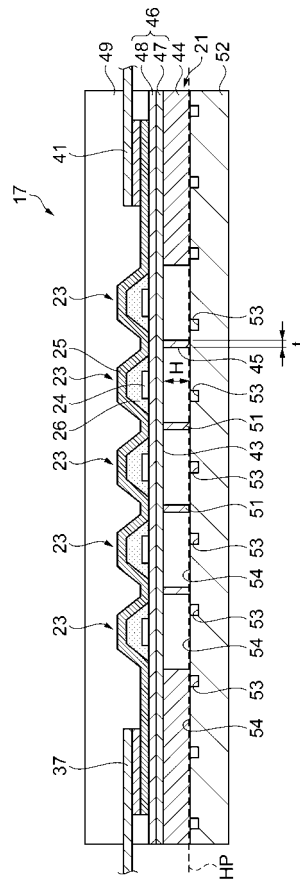
【 図 2 】



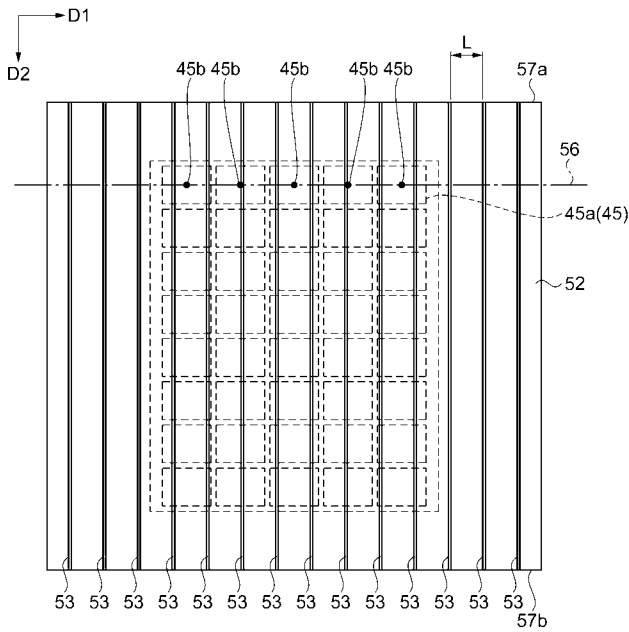
【 図 3 】



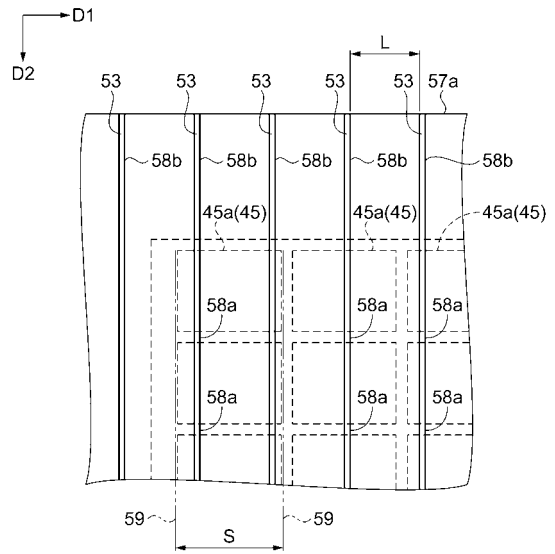
【 図 4 】



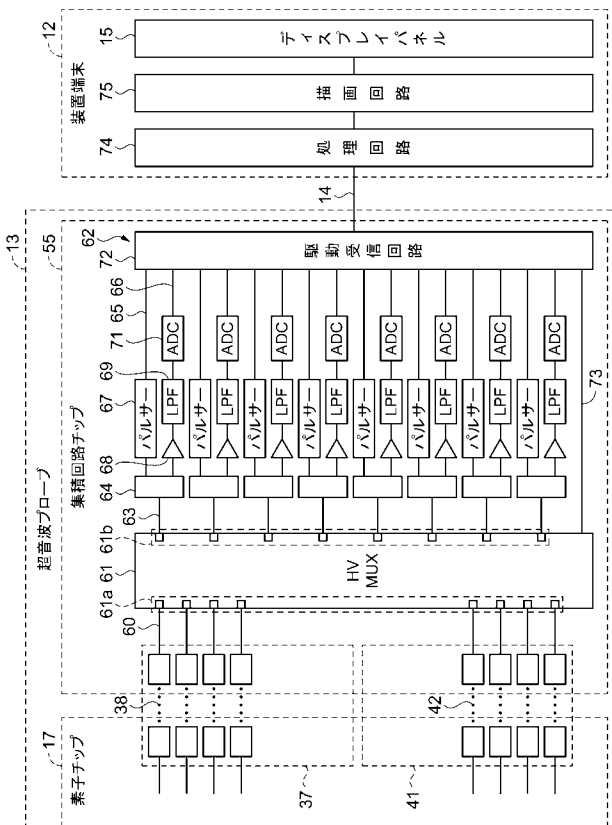
【 図 5 】



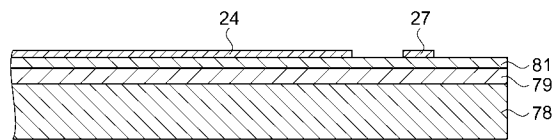
【 図 6 】



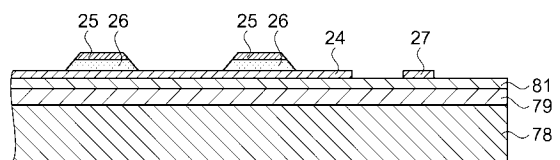
【 図 7 】



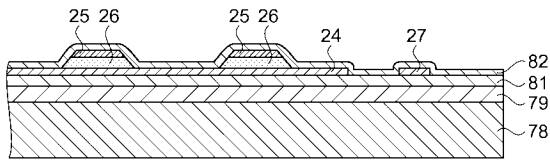
【 図 8 】



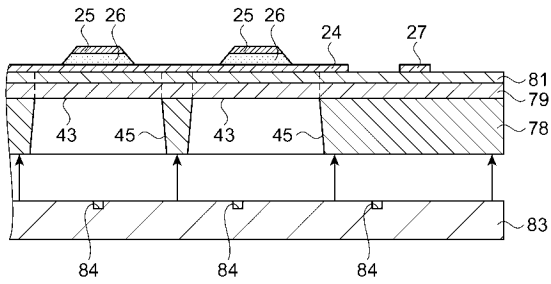
【 図 9 】



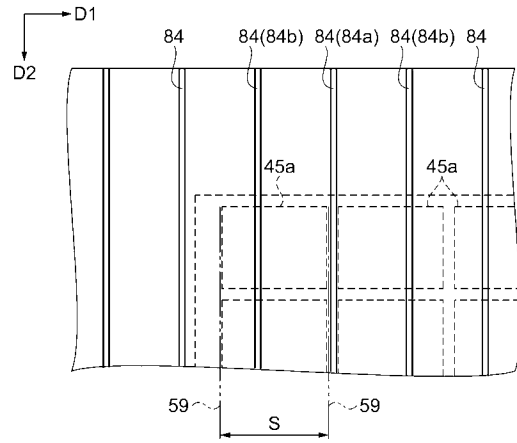
【図 1 0】



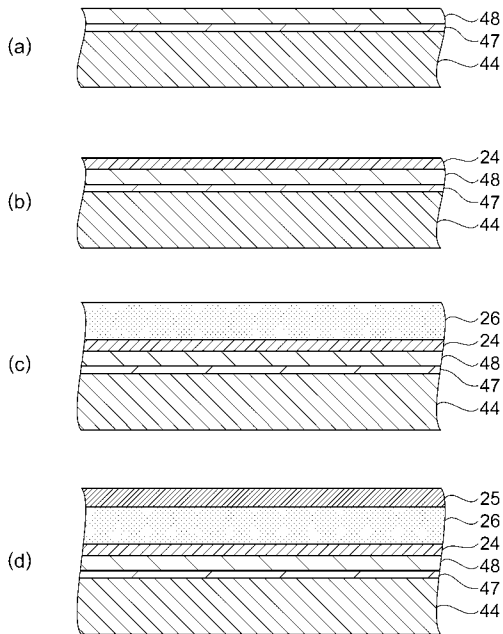
【図 1 1】



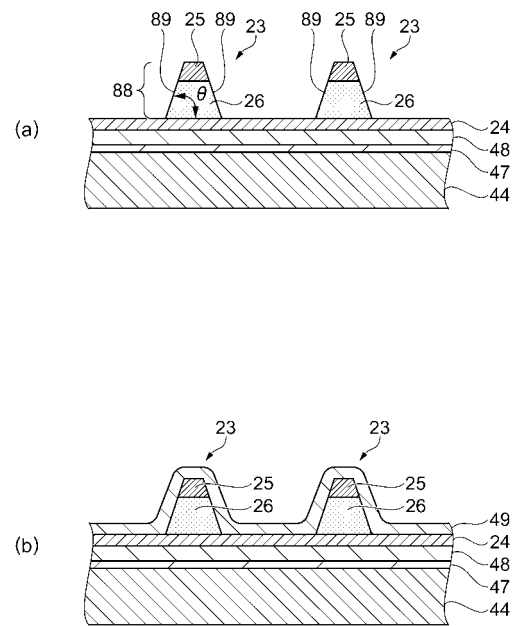
【図 1 2】



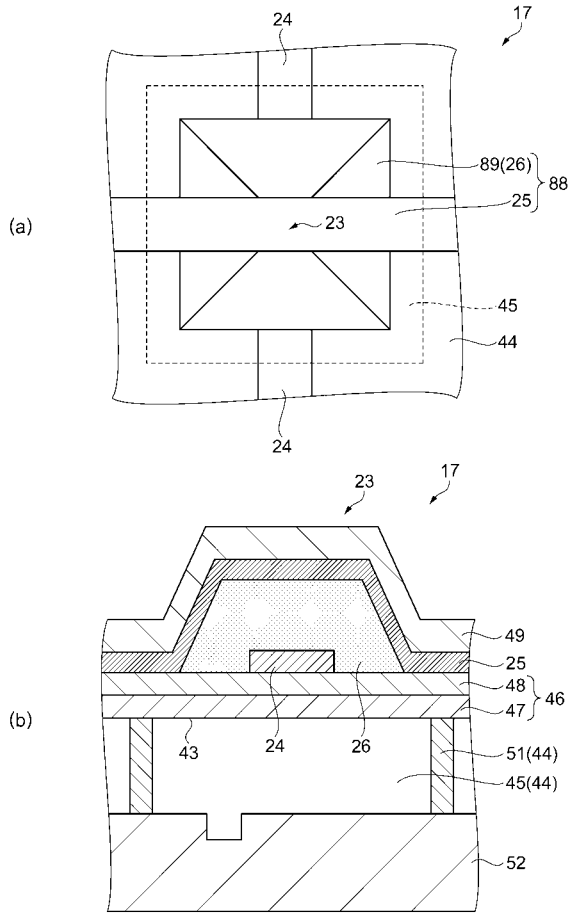
【図 1 3】



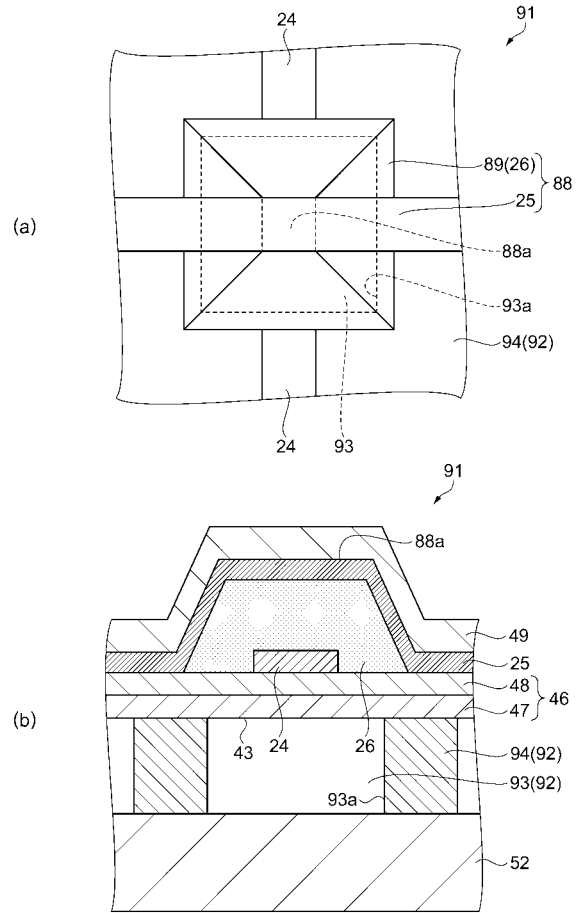
【図 1 4】



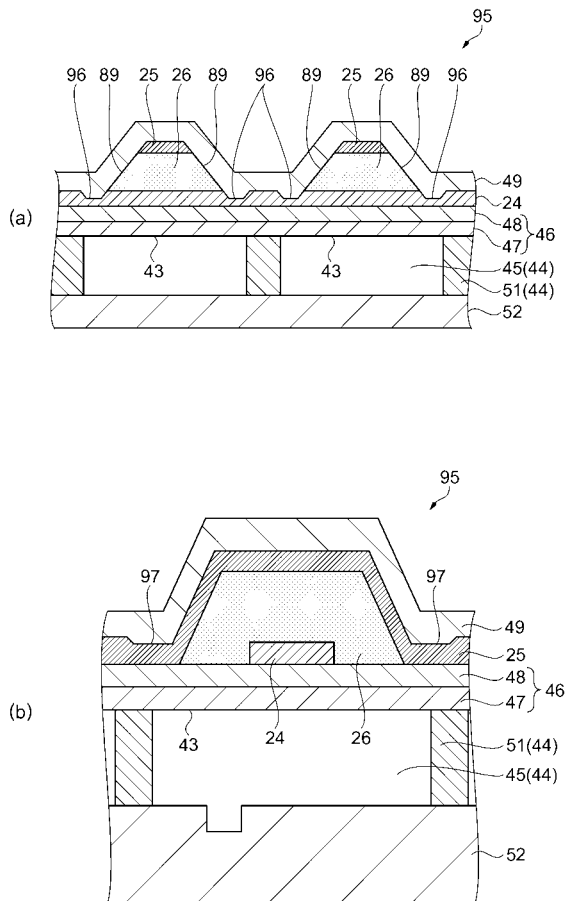
【 図 1 5 】



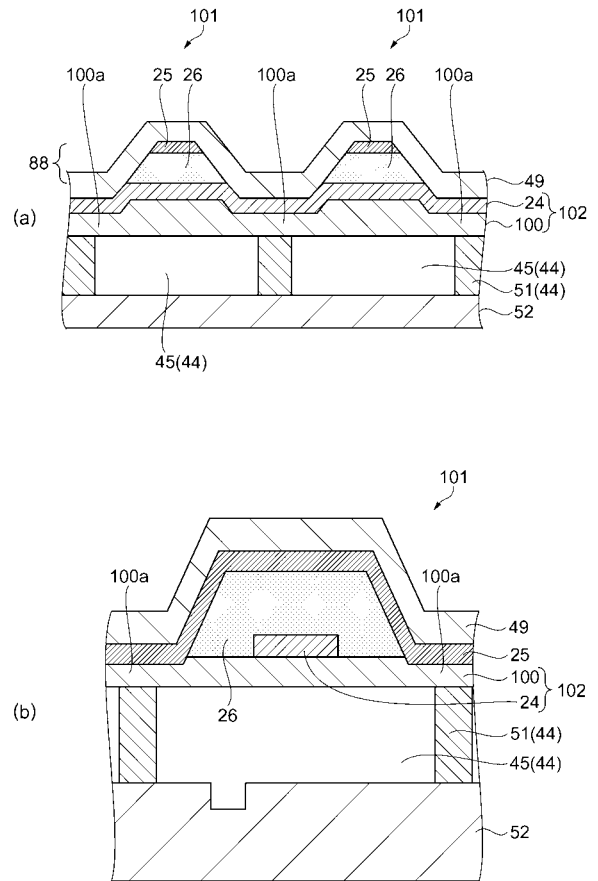
【 図 1 6 】



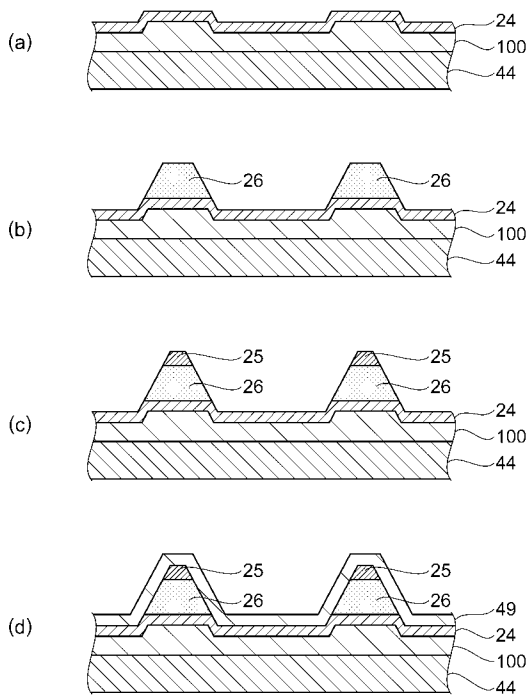
【 図 1 7 】



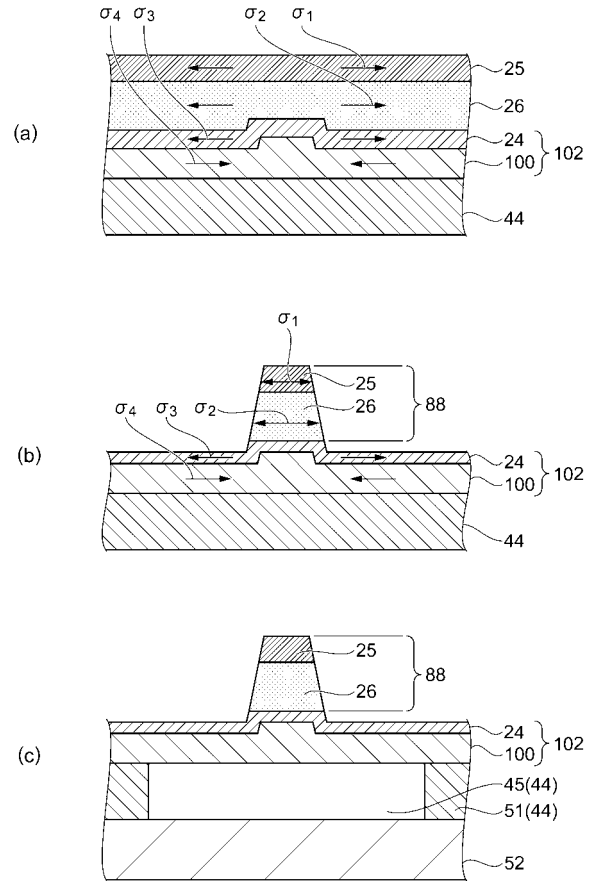
【 図 1 8 】



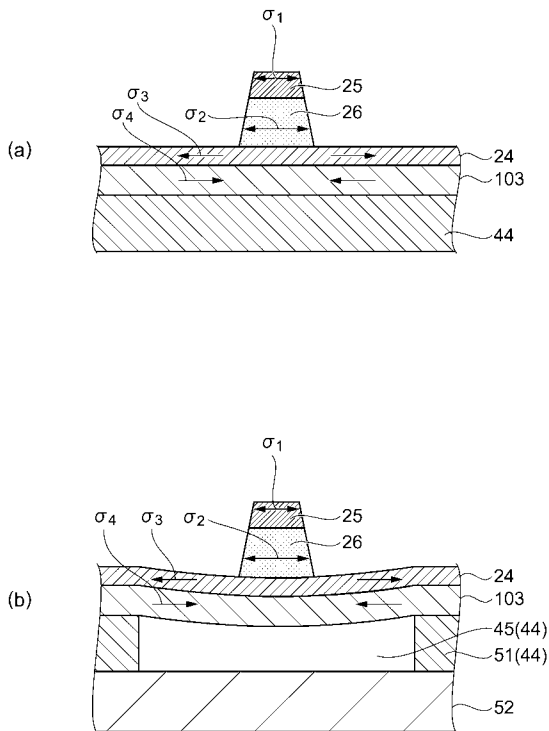
【 図 1 9 】



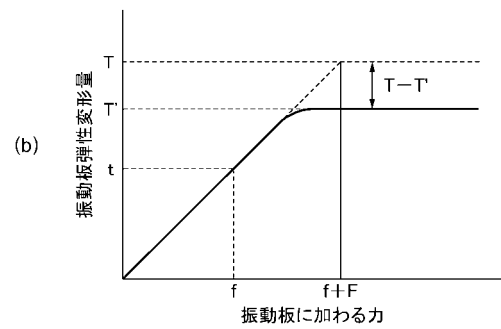
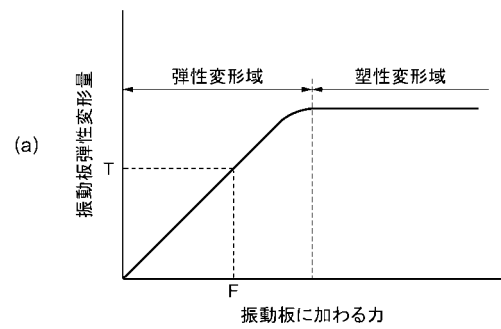
【 図 2 0 】



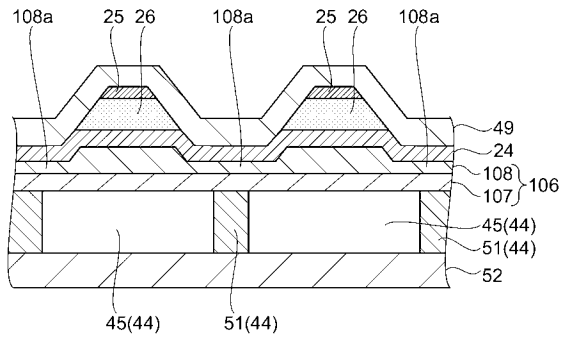
【 図 2 1 】



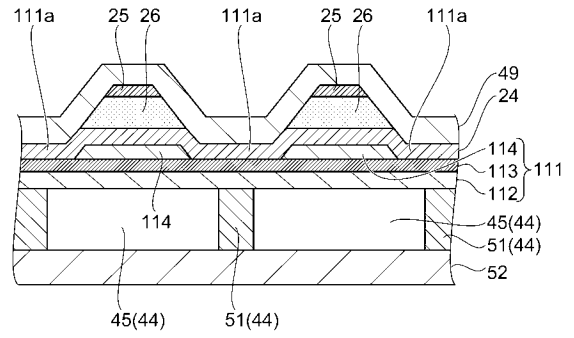
【 図 2 2 】



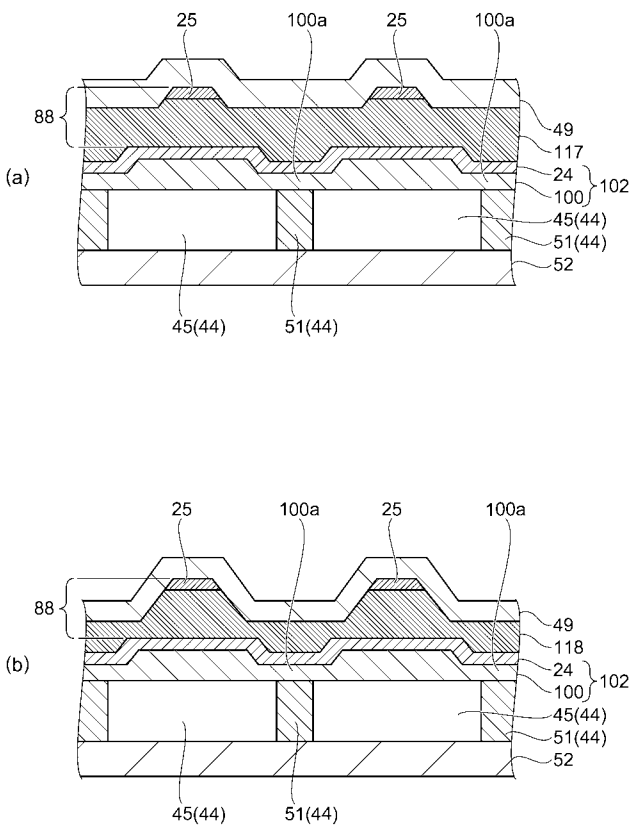
【 図 2 3 】



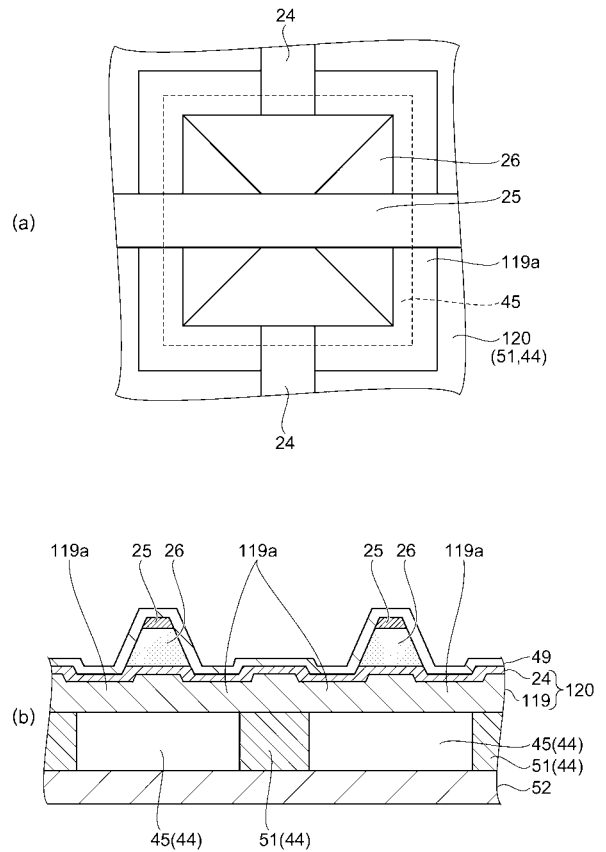
【 図 2 4 】



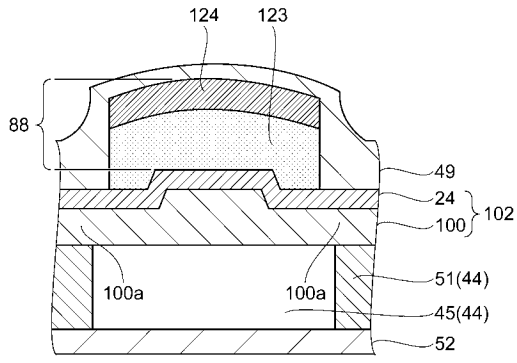
【 図 2 5 】



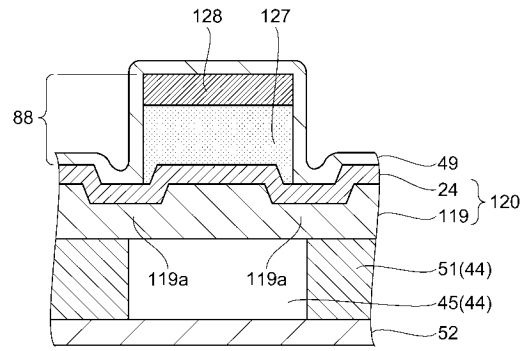
【 図 2 6 】



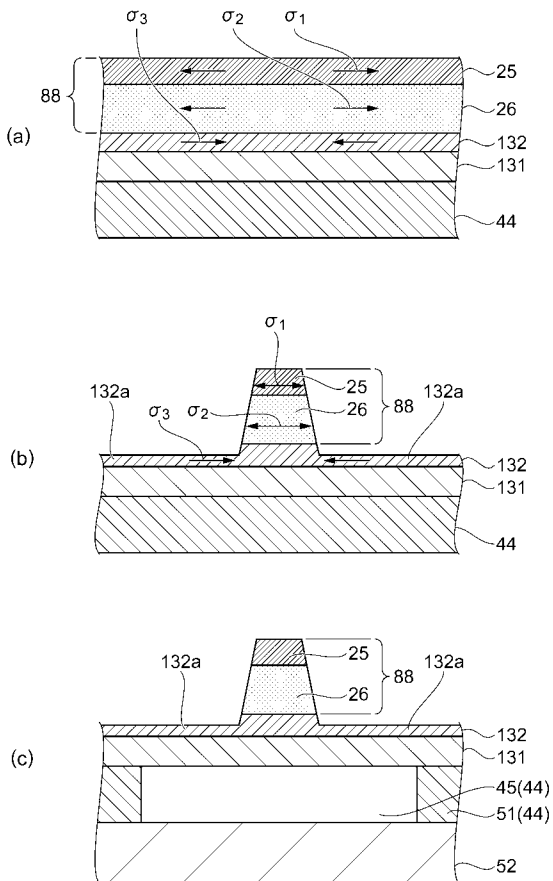
【 図 2 7 】



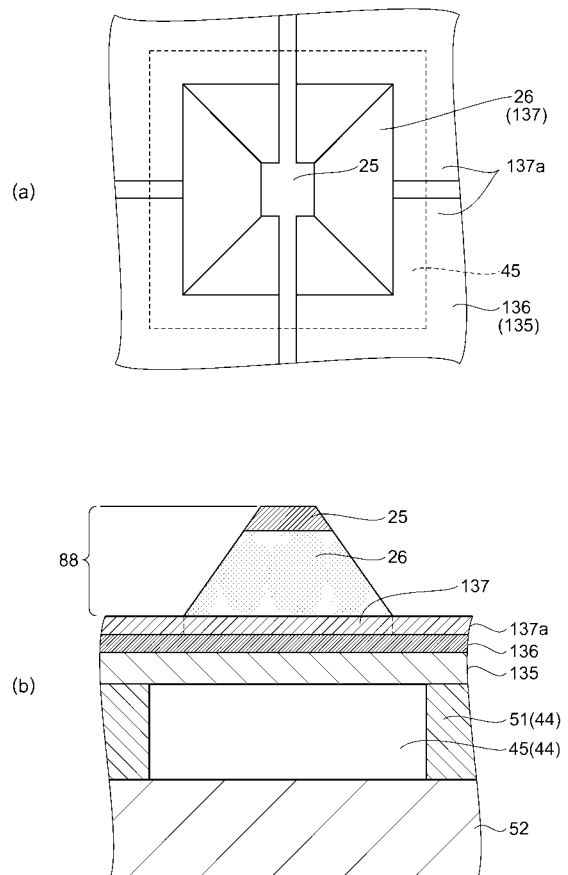
【 図 2 8 】



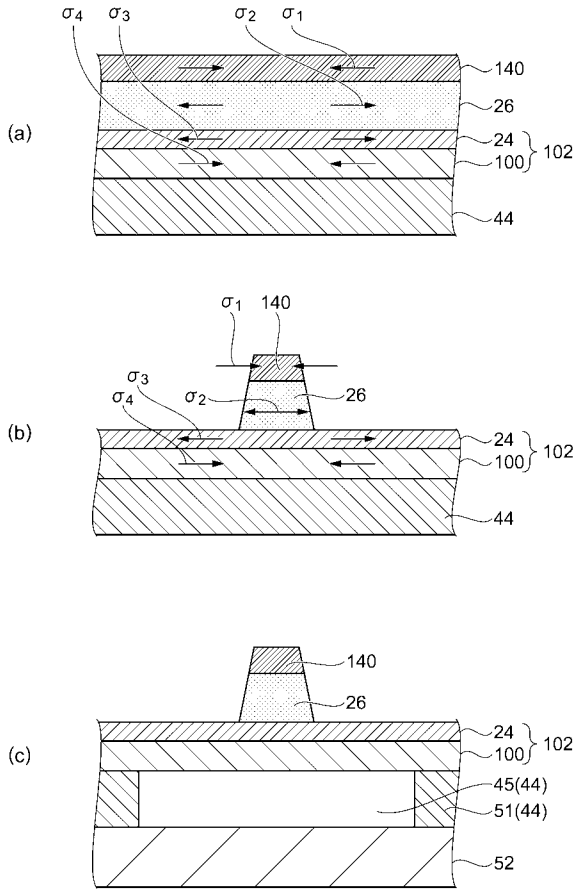
【 図 2 9 】



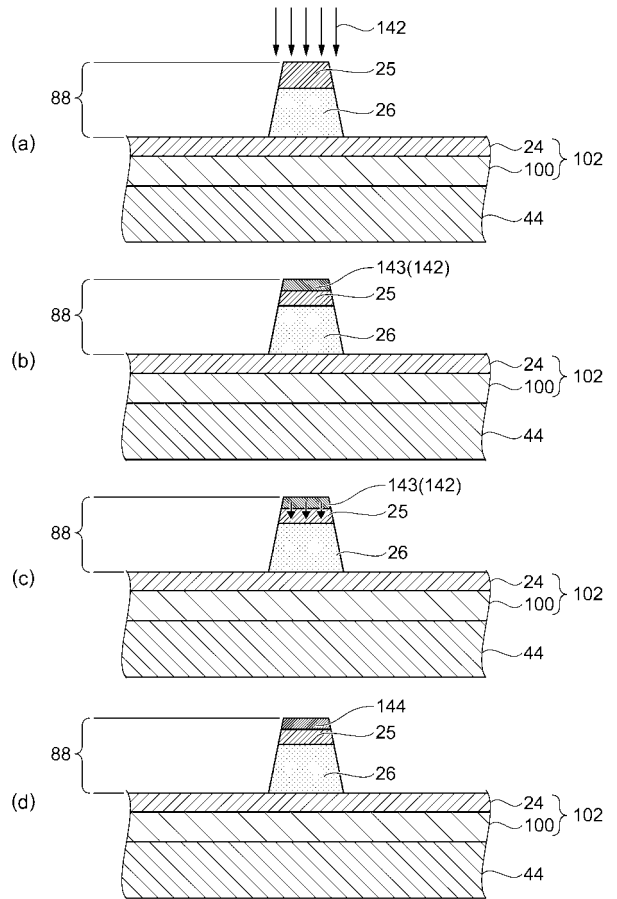
【 図 3 0 】



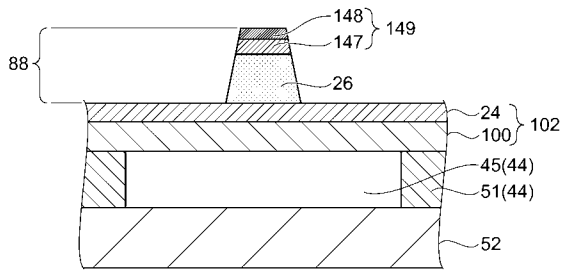
【 図 3 1 】



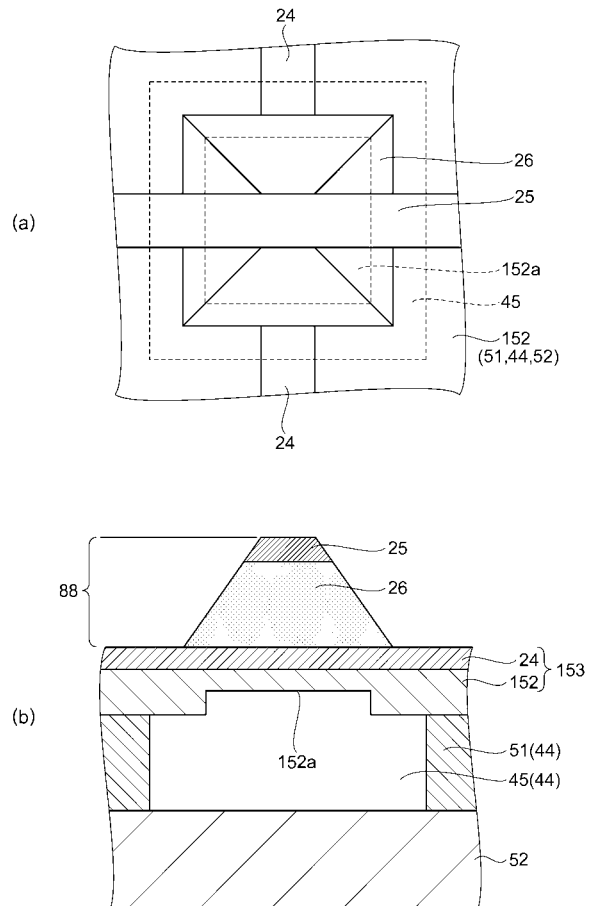
【 図 3 2 】



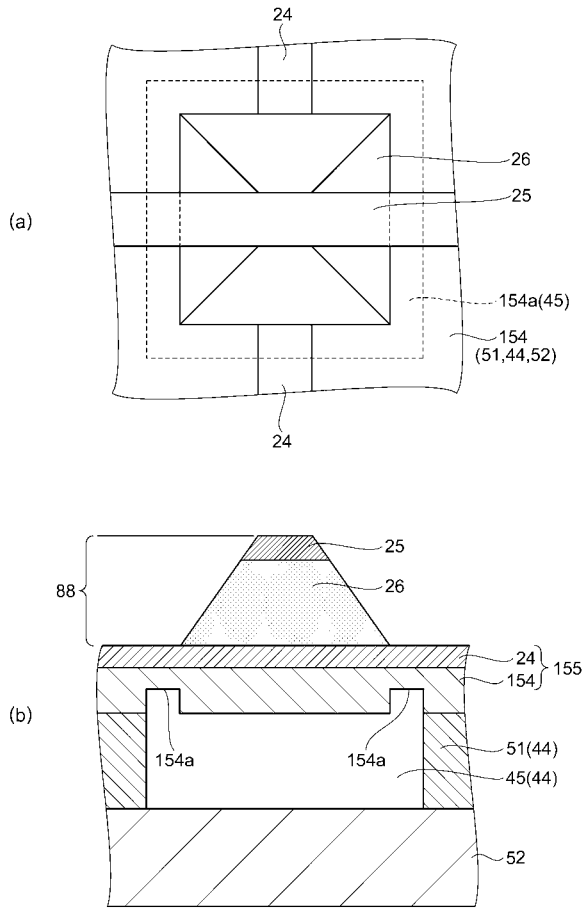
【 図 3 3 】



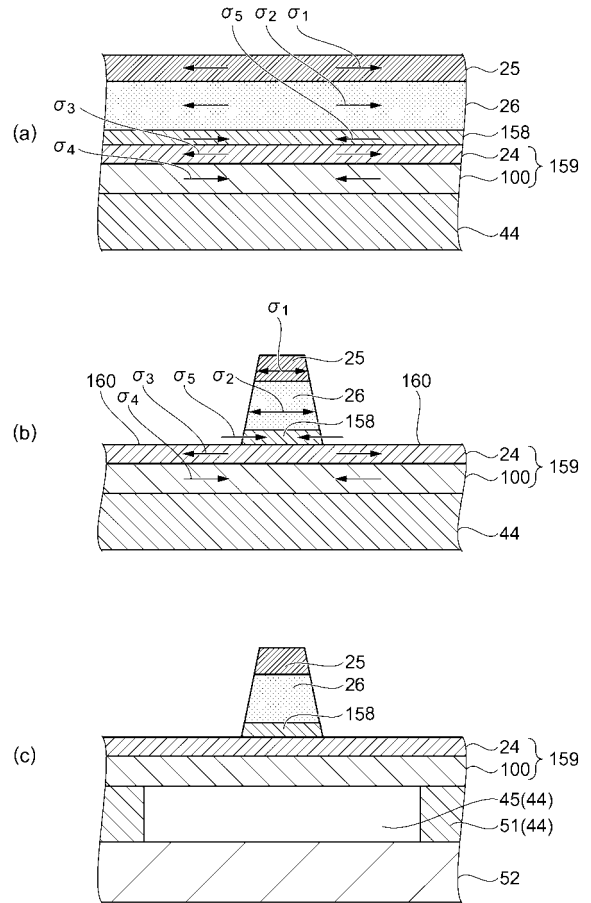
【 図 3 4 】



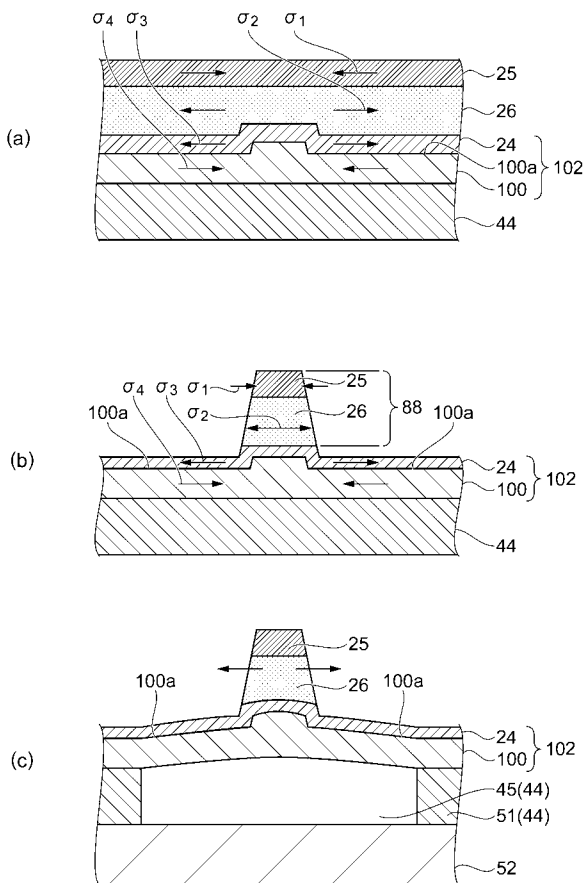
【 図 3 5 】



【 図 3 6 】



【 図 3 7 】



专利名称(译)	超声波探头		
公开(公告)号	JP2016005222A	公开(公告)日	2016-01-12
申请号	JP2014126040	申请日	2014-06-19
[标]申请(专利权)人(译)	精工爱普生株式会社		
申请(专利权)人(译)	精工爱普生公司		
[标]发明人	西脇学		
发明人	西脇学		
IPC分类号	H04R17/00 A61B8/00 G01N29/24		
FI分类号	H04R17/00.330.G A61B8/00 G01N29/24		
F-TERM分类号	2G047/AC13 2G047/BC13 2G047/CA01 2G047/EA11 2G047/GB02 2G047/GB12 2G047/GB21 2G047/GB32 2G047/GB35 4C601/EE10 4C601/GB14 4C601/GB19 4C601/GB41 4C601/GB44 5D019/BB03 5D019/BB08 5D019/BB25 5D019/BB30 5D019/FF04		
代理人(译)	渡边和明		
外部链接	Espacenet		

摘要(译) 要解决的问题：提供一种超声波探头，其中振动膜不太可能被疲劳损坏。设置有压电元件（23），该压电元件（23）具有安装在振动膜（43）上的压电元件（23）和用于支撑元件芯片（17）的壳体，该压电元件（23）具有形成在振动膜（43）上的下部电极（24）。并且，在下部电极24上形成有压电膜26，在压电膜26的表面上形成有上部电极25，该压电膜26从上部电极25侧向下部电极24侧延伸。逐渐变宽，并且其横截面形状基本上是梯形。[选择图]图15	(21) 出願番号	特願2014-126040 (P2014-126040)	(71) 出願人	000002369 セイコーエプソン株式会社 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
	(22) 出願日	平成26年6月19日 (2014.6.19)	(74) 代理人	100095728 弁理士 上柳 雅普 100116665 弁理士 渡辺 和明
			(72) 発明者	西脇学 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
			Fターム(参考)	2G047 AC13 BC13 CA01 EA11 GB02 GB12 GB21 GB32 GB35 4C601 EE10 GB14 GB19 GB41 GB44 5D019 BB03 BB08 BB25 BB30 FF04