

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第5852461号
(P5852461)

(45) 発行日 平成28年2月3日(2016.2.3)

(24) 登録日 平成27年12月11日(2015.12.11)

(51) Int.Cl.

F I

A 6 1 B 8/00 (2006.01)

A 6 1 B 8/00

H 0 4 R 19/00 (2006.01)

H 0 4 R 19/00 3 3 0

請求項の数 9 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2012-29259 (P2012-29259)	(73) 特許権者	390029791
(22) 出願日	平成24年2月14日 (2012.2.14)		日立アロカメディカル株式会社
(65) 公開番号	特開2013-165753 (P2013-165753A)		東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号
(43) 公開日	平成25年8月29日 (2013.8.29)	(74) 代理人	100064414
審査請求日	平成26年8月11日 (2014.8.11)		弁理士 磯野 道造
		(74) 代理人	100111545
			弁理士 多田 悦夫
		(72) 発明者	吉村 保廣
			茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
			式会社日立製作所 日立研究所内
		(72) 発明者	永田 達也
			東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号 日立
			アロカメディカル株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波探触子及びそれを用いた超音波診断装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板と、前記基板上に形成された絶縁膜と、前記基板と前記絶縁膜との間に形成された空洞と、前記基板に対して平行に前記空洞を挟んで設けられた一対の電極と、を備えた超音波送受信素子を有する超音波探触子において、

前記超音波送受信素子は、

前記一対の電極のうちの前記基板から離れた電極の上に、応力の異なる材料により構成される膜を積層した多層構造の梁部を備え、

前記梁部は、引張応力を与える膜と圧縮応力を与える膜とが積層された構造を有し、

前記超音波送受信素子の外表面には引張応力を与える膜を備え、

前記梁部は、前記基板に近い方から、引張応力を与える膜、圧縮応力を与える膜、引張応力を与える膜、及び圧縮応力を与える膜がこの順で積層された構造を有する

ことを特徴とする、超音波探触子。

【請求項 2】

基板と、前記基板上に形成された絶縁膜と、前記基板と前記絶縁膜との間に形成された空洞と、前記基板に対して平行に前記空洞を挟んで設けられた一対の電極と、を備えた超音波送受信素子を有する超音波探触子において、

前記超音波送受信素子は、

前記一対の電極のうちの前記基板から離れた電極の上に、応力の異なる材料により構成される膜を積層した多層構造の梁部を備え、

前記梁部は、引張応力を与える膜と圧縮応力を与える膜とが積層された構造を有し、
前記超音波送受信素子の外表面には引張応力を与える膜を備え、
前記梁部の最上膜として、前記外表面の引張応力を与える膜に接して、タングステン、
炭化タングステン、ほう化タングステン、窒化チタン、炭化チタン、モリブデン、ほう化
モリブデン、炭化モリブデン、ほう化チタン及び炭化ケイ素からなる群より選ばれる１種
以上の膜を備えている
ことを特徴とする、超音波探触子。

【請求項３】

基板と、前記基板上に形成された絶縁膜と、前記基板と前記絶縁膜との間に形成された
空洞と、前記基板に対して平行に前記空洞を挟んで設けられた一对の電極と、を備えた超
音波送受信素子を有する超音波探触子において、

10

前記超音波送受信素子は、
前記一对の電極のうちの前記基板から離れた電極の上に、応力の異なる材料により構成
される膜を積層した多層構造の梁部を備え、
前記梁部は、引張応力を与える膜と圧縮応力を与える膜とが積層された構造を有し、
前記梁部に離間してリム部を備え、
前記リム部は、応力の異なる材料により構成される膜を積層した多層構造を有し、
前記リム部が、前記空洞の端部よりも前記空洞側に張り出している
ことを特徴とする、超音波探触子。

【請求項４】

20

請求項１～３の何れか１項に記載の超音波探触子において、
前記梁部に含まれる膜の層数は、前記梁部以外の部位を構成する絶縁膜の層数よりも多
くなっている
ことを特徴とする、超音波探触子。

【請求項５】

請求項１～４の何れか１項に記載の超音波探触子において、
前記引張応力を与える膜、並びに、前記圧縮応力を与える膜は、絶縁膜である
ことを特徴とする、超音波探触子。

【請求項６】

請求項１～５の何れか１項に記載の超音波探触子において、
前記基板上に形成されている絶縁膜の前記基板に垂直な方向の応力中立面が、前記梁部
の前記基板に垂直な方向の梁中立面よりも、前記基板に近い位置に存在する
ことを特徴とする、超音波探触子。

30

【請求項７】

請求項１～６の何れか１項に記載の超音波探触子において、
前記引張応力を与える膜は窒化ケイ素であり、
前記圧縮応力を与える膜は二酸化ケイ素である
ことを特徴とする、超音波探触子。

【請求項８】

請求項１～７の何れか１項に記載の超音波探触子において、
前記基板上に形成される膜の応力の総和が引張応力である
ことを特徴とする、超音波探触子。

40

【請求項９】

請求項１～８の何れか１項に記載の超音波探触子を備える
ことを特徴とする、超音波診断装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、超音波探触子及びそれを用いた超音波診断装置に関する。

【背景技術】

50

【 0 0 0 2 】

ヒトや動物等の被検体を超音波で検査するため、超音波探触子が好ましく用いられる。このような超音波探触子に関する技術として、例えば特許文献 1 に記載の技術がある。具体的には、半導体製造技術、MEMS (Micro Electro Mechanical System) 技術を適用し、薄膜の積層により、超音波送受信デバイスを作製するもので、シリコン基板上に設けられた下部電極と下部電極より上に設けられた上部電極と、上部電極より上に設けられた第 1 と第 2 の絶縁膜で構成されており、第 1 と第 2 の絶縁膜が、それぞれ引張応力と圧縮応力の組み合わせであり、上部電極と下部電極の間にあるギャップの反り量を調整することが記載されている。

【 0 0 0 3 】

10

また、特許文献 2 には、内部または表面に第 1 の電極を有する基板と、その内部または表面に第 2 の電極を有するダイヤフラムとを、空洞を介して配置している超音波トランスデューサーで、少なくとも 1 つの梁を具備していることが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 4 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 7 - 2 5 9 1 6 5 号公報

【特許文献 2】国際公開第 2 0 0 7 / 0 4 6 1 8 0 号パンフレット

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【 0 0 0 5 】

c M U T (Capacitive Micromachined Ultrasonic Transducer) 素子は、特許文献 1 に記載されているように、半導体製造技術や MEMS 技術を応用した技術である。具体的には、c M U T 素子は膜が積層されて製造されるため、各膜の応力と剛性とのバランスによって、駆動電極層であるメンブレン (複数積層された膜からなる) が意図せず過度に反ることがある。そのため、駆動電極と固定電極とのギャップ間隔が製造ロット間で変化することがある。

【 0 0 0 6 】

各膜の応力は、シリコンウエハ面内で製造工程特有の分布を有しており、さらには、膜を形成する装置のバッチ毎や製造ロット毎にもばらつきがある。そのため、応力ばらつきに対応して、メンブレンの反り量もばらつき、ギャップ (幅) の間隔もばらつくことがある。

30

【 0 0 0 7 】

このような観点で、特許文献 1 に記載の技術においては、各膜の応力がばらついた場合は反りの変化が顕著にでて、ギャップ間隔のばらつきも大きいものとなる。即ち、製造ロット間でのばらつきが大きくなる。

【 0 0 0 8 】

c M U T 素子の駆動時、はじめにギャップを挟む電極間に直流電圧が印加され、ギャップの間隔を縮める。そして、更に交流電圧が印加され、ギャップの間隔を縮めたり広げたりして超音波を発生させる。そのため、ギャップの間隔が装置毎に変動すると、直流電圧と交流電圧との両方の印加電圧も装置毎に変化させなければならなくなる。

40

【 0 0 0 9 】

また、直流電圧と交流電圧との大きさは、ギャップの間隔によって最適な設定がある。そのため、素子によってギャップがばらついた場合は、設定した印加電圧が、ギャップに応じた最適な印加電圧よりずれることになる。このようにして印加電圧がずれると、送信音圧がばらつき、発生する超音波の音響性能もばらつくため、c M U T 素子を用いた超音波探触子としての特性安定性に課題が生じることがある。

【 0 0 1 0 】

また、超音波受信時には、直流電圧印加によりギャップが狭められた状態で、メンブレンの振動によるギャップ間隔の変化を静電容量変化として電流に変換する。そのため、直

50

流電圧印加による素子への電荷の蓄積は、受信感度に影響を及ぼすことがある。従って、ギャップ間隔がばらついた場合には、受信信号がばらつき、超音波画像の精細度も低下することがある。即ち、超音波探触子としての特性安定性に課題が生じることがある。

【 0 0 1 1 】

また、特許文献 2 に記載の技術においては、装置製造時にフォトリソグラフィ工程でのマスク位置合わせばらつきにより梁の形成位置がずれた場合、絶縁膜のバランスが崩れることがある。その結果、製造ロット間の反り変形もばらつくことがあり、超音波画像の精細度が低下する可能性がある。即ち、超音波探触子としての特性安定性に課題が生じることがある。

【 0 0 1 2 】

本発明は前記課題に鑑みて為されたものである。即ち、その目的は、特性安定性に優れた超音波探触子及びそれを用いた超音波診断装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 3 】

本発明者ら前記課題を解決するべく鋭意検討した結果、以下のようにすることで前記課題を解決できることを見出し、本発明を完成させた。即ち、本発明の要旨は、基板と、前記基板上に形成された絶縁膜と、前記基板と前記絶縁膜との間に形成された空洞と、前記基板に対して平行に前記空洞を挟んで設けられた一対の電極と、を備えた超音波送受信素子を有する超音波探触子において、前記超音波送受信素子は、前記一対の電極のうちの前記基板から離れた電極の上に、応力の異なる材料により構成される膜を積層した多層構造の梁部を備え、前記梁部は、引張応力を与える膜と圧縮応力を与える膜とが積層された構造を有し、前記超音波送受信素子の外表面には引張応力を与える膜を備え、前記梁部は、前記基板に近い方から、引張応力を与える膜、圧縮応力を与える膜、引張応力を与える膜、及び圧縮応力を与える膜がこの順で積層された構造を有することを特徴とする、超音波探触子に関する。その他の解決手段は発明を実施するための形態において後記する。

【発明の効果】

【 0 0 1 4 】

本発明によれば、特性安定性に優れた超音波探触子及びそれを用いた超音波診断装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 5 】

【図 1】本実施形態の超音波探触子の概略構成を示す図である。

【図 2】c M U T 素子近傍の断面図である。

【図 3】c M U T 素子におけるメンブレンを示す図である。

【図 4】メンブレンの応力中立面と梁部の梁中立面とを説明する図である。

【図 5】別の c M U T 素子におけるメンブレンを示す図である。

【図 6】間隔変動量を説明するための図である。

【図 7】メンブレン間隔の変動量を示した図である。

【図 8】本実施形態の超音波診断装置とその構成を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 6 】

以下、図面を参照しながら、本発明を実施するための形態（本実施形態）を説明する。はじめに、図 1 及び図 2 を参照しながら、本実施形態の超音波探触子の全体構成を説明する。その後、図 3 及び図 4 を参照しながら、本実施形態の超音波探触子に適用される c M U T 素子の構成について説明する。

【 0 0 1 7 】

< 本実施形態の超音波探触子の全体構成 >

図 1 に示すように、本実施形態の超音波探触子 1 は、c M U T 素子 2 と、バックグ 3 と、フレキ基板 4 と、コネクタ 9 1 と、配線 9 2 と、回路基板 9 7 と、接続端子 9 8 とを備える。超音波探触子 1 は、例えば医療機関における人体検査（心臓、血管等の循環器検

10

20

30

40

50

査、腹部検査等)に用いられる。

【0018】

超音波探触子1は、バックリング3の先端にcMUT素子2を備えている。cMUT素子2は、後記する音響レンズ94を介して被検体95に超音波を照射するとともに、被検体95から反射された超音波を受信するものである。この点についての詳細は後記する。cMUT素子2は、コネクタ91に接続される配線92を有するフレキ基板4に対して、ワイヤボンディングで接続されている。コネクタ91は、回路基板97(具体的な回路は図示していない)と接続している。そして、回路基板97上の接続端子98は、超音波診断装置201(図7参照)と接続する。

【0019】

超音波診断装置201(詳細は後記する)は、cMUT素子2に電気信号を与えて駆動させるとともに、被検体95からの受波による信号を画像化させるものである。cMUT素子2の表面には、cMUT素子2から発生した超音波を被検体方向にフォーカスするためのシリコン樹脂の音響レンズ94を備えている。cMUT素子2は、音響レンズ94を経て、人体等の被検体95に超音波を送受信する。

【0020】

次に、図2を参照しながら、超音波探触子1のcMUT素子2近傍の構成を詳細に説明する。図2に示すように、バックリング3の上には、樹脂45を介してcMUT素子2が接着固定されている。また、超音波送受信信号を基板(図示せず)に伝達するフレキ基板4も、樹脂46を介してバックリング3に固定されている。

【0021】

cMUT素子2とフレキ基板4とは、ワイヤボンディング法により、ワイヤ42で接続されている。ワイヤ42及びその接続部周辺は、封止樹脂47により封止されている。これにより、ワイヤ42の固定と、駆動電圧の印加によるエレクトロマイグレーションの防止とをすることができる。そして、これらの構造体の上に、音響レンズ94が樹脂41で接着固定されている。また、これらの構造体は、ケース43に収納されている。ケース43と音響レンズ2との隙間は、樹脂44で充填されている。

【0022】

<cMUT素子2の構成>

超音波探触子1に適用されるcMUT素子2の表面(音響レンズ94に対応する面)を拡大した様子が図3である。なお、cMUT素子2は通常複数のセルにより構成されている。そのため、図3には、当該複数のセルのうちの一つのセルを拡大して示している。

【0023】

cMUT素子2は、シリコン基板5と、下電極7と、上電極11と、絶縁膜6, 8, 9, 10, 12, 13a, 13b, 14a, 14b, 15a, 15b, 16, 18a, 18bと、を備える。また、絶縁膜8と絶縁膜10との間には、空洞17が形成されている。

【0024】

シリコン基板5表面には絶縁膜及び電極が積層されている。具体的には、シリコン基板5上には、絶縁膜6、下電極7、絶縁膜8、絶縁膜9、絶縁膜10、上電極11、絶縁膜18a, 18b及び絶縁膜12が、この順で積層されている。また、空洞17は、絶縁膜8と絶縁膜10との間に設けられている。そして、絶縁膜12表面には、梁部100と2つのリム部101とが設けられている。

【0025】

メンブレン102は、シリコン基板上に設けられる絶縁膜、電極及び空洞17の集合体である。交流電圧印加時にメンブレン102が振動することで、超音波が発生する。メンブレン102は梁部100及びリム部101を含む。

【0026】

梁部100は、上電極11の中央付近、絶縁膜18aの上表面に設けられている。梁部100は、絶縁膜12, 13a, 14a, 15aがシリコン基板5側からこの順で積層されている。即ち、図3に示すように、cMUT素子(超音波送受信素子)2の外表面には

10

20

30

40

50

絶縁膜 16 (引張応力を与える膜) が形成され、梁部 100 は、シリコン基板 (基板) 5 に近い方から、絶縁膜 12 (引張応力を与える膜)、絶縁膜 13a (圧縮応力を与える膜)、絶縁膜 14a (引張応力を与える膜)、及び絶縁膜 15a (圧縮応力を与える膜) がこの順で積層されてなる。そして、梁部 100 の上面及び側面は、絶縁膜 16 によって被覆されている。梁部 100 に含まれる層数 (積層される膜の数) は、梁部 100 とリム部 101 との間 (即ち、梁部 100 とリム部 101 との間に形成される凹部における底部) におけるメンブレン 102 の層数よりも多くなっている。

【0027】

リム部 101 は、上電極 11 の両端に一部重複して、絶縁膜 18b の上表面に設けられている。即ち、図 3 に示すように、梁部 100 に離間してリム部 101 が設けられ、リム部 101 は、絶縁膜 12, 13b, 14b, 15b (応力の異なる材料からなる膜) が積層されてなる多層構造であり、リム部 101 が、空洞端 21 (空洞 17 の端部) よりも空洞 17 側に張り出している。リム部 101 が設けられることにより、cMUT 素子 2 の強度を向上させることができる。また、リム部 101 は剛性が高いため、メンブレン 102 をより良好に振動させることができる。

10

【0028】

図 3 に示すリム部 101, 101 の下側には、上電極 11 の両端 (紙面左右方向端部) が形成されるように、リム部 101, 101 が設けられている。リム部 101 は、絶縁膜 12, 13b, 14b, 15b を構成要素として、これらがシリコン基板 5 側からこの順で積層されている。そして、リム部 101 の上面及び梁部 100 に対向する面は、絶縁膜 16 によって被覆されている。リム部 101 に含まれる層数は、梁部 100 と同様に、梁部 100 とリム部 101 との間 (即ち、梁部 100 とリム部 101 との間に形成される凹部における底部) におけるメンブレン 102 の層数よりも多くなっている。

20

【0029】

リム部 101 の端部であるリム端 20 は、空洞 17 の端部である空洞端 21 よりも張り出している。これにより、メンブレン 102 の空洞端 21 近傍の変形し易い部分の剛性を高めることができる。このため、各膜の応力変動によるメンブレン 102 の反りや空洞 17 のギャップ変動を小さくすることができる。

【0030】

リム部 101 と絶縁膜 8 との間は、各絶縁膜が複雑に積層されて構成されている。このような積層構造を有することで、リーク電流による絶縁破壊を防止することができる。

30

【0031】

下電極 7 及び上電極 11 は、いずれも平行平板電極である。そして、これらの電極に対して図示しない電源を接続して、直流電圧若しくは交流電圧を印加することにより、メンブレン 102 が反ることになる。即ち、上電極 11 が、下電極 7 側に引っ張られて近づくことになる。なお、メンブレン 102 は、下電極 7 及び上電極 11 への直流電圧の印加により反りが生じる部位である。また、交流電圧印加時には、メンブレン 102 は振動が生じる部位である。

【0032】

ここで、cMUT 素子 2 に備えられる絶縁膜について説明する。cMUT 素子 2 に備えられる絶縁膜は、二酸化ケイ素 (二酸化シリコン; SiO_2) 及び窒化ケイ素 (窒化シリコン; Si_3N_4) により構成される。即ち、絶縁膜 6, 8, 9, 10, 13a, 13b, 15a, 15b, 18a, 18b (第 1 の絶縁膜) は、二酸化ケイ素により構成される。また、絶縁膜 12, 14a, 14b, 16 (第 2 の絶縁膜) は、窒化ケイ素により構成される。このように、cMUT 素子 2 に適用される絶縁膜は、2 種の異なる絶縁材料により構成されている。これらの絶縁膜は、例えば化学気相成長法やスパッタ法により形成することができる。

40

【0033】

二酸化ケイ素からなる膜 (第 1 の絶縁膜) は、圧縮応力を与える膜 (圧縮応力の膜) である。一方、窒化ケイ素からなる膜 (第 2 の絶縁膜) は、引張応力を与える膜 (引張応力

50

の膜)である。換言すれば、引張応力を与える膜は窒化ケイ素であり、圧縮応力を与える膜は二酸化ケイ素である。即ち、梁部100においては、表面が窒化ケイ素からなる膜で覆われ、その内側には、表面側から、圧縮応力の二酸化ケイ素からなる膜(絶縁膜15a)、引張応力の窒化ケイ素からなる膜(絶縁膜14a)、圧縮応力の二酸化ケイ素からなる膜(絶縁膜13a)、並びに引張応力の窒化ケイ素からなる膜(絶縁膜12)がこの順で積層されていることになる。リム部101においても、略同様に積層されている。

【0034】

即ち、超音波探触子1は、シリコン基板(基板)5と、シリコン基板5上に形成される絶縁膜6, 8, 9, 10, 12, 18a, 18bと、シリコン基板5と絶縁膜6, 8, 9, 10, 12, 18a, 18bとの間に形成される空洞17と、シリコン基板5に対して平行に空洞17を挟んで設けられる上電極11及び下電極7(一对の電極)と、を備えるcMUT(超音波送受信素子)2を有するものである(図1及び図3参照)。そして、超音波探触子1においては、超音波送受信素子2は、図3に示すように、上電極11及び下電極7のうちのシリコン基板5から離れた上電極11(電極)の上に、応力の異なる材料からなる膜12, 13a, 14a, 15aが積層されてなる多層構造の梁部100が設けられ、梁部100は、絶縁膜12, 14a(引張応力を与える膜)と絶縁膜13a, 15a(圧縮応力を与える膜)とが積層されてなる。

【0035】

もし、圧縮応力の膜と引張応力の膜とが積層されずに1種の層のみからなる場合、反りばらつきが生じ易い。特に、ロット間で製造ばらつきが生じ、製造ロット間で応力が異なるものになった場合、梁部が設けられていると応力の作用が複雑になる。そのため、メンブレン駆動のばらつきを抑えることは難しい。しかしながら、積層される層の数(層数)が2層の場合、例えばバイメタルのように応力ばらつきが反り量に反映されることがあるものの、前記のばらつきを抑えることができる。これにより、良好な特性安定性を得ることができる。さらに、前記層数が3層以上である場合、このようなばらつきをより確実に抑えることができる。

【0036】

従って、超音波探触子1において、図3に示すように、梁部100に含まれる絶縁膜12, 13a, 14a, 15a(膜)の層数は、梁部100以外の部位を構成する絶縁膜12, 16の層数よりも多くなっている。具体的には、超音波探触子1においては、梁部100は4層からなり、梁部100以外の部位を構成する絶縁膜は2層である。このように、梁部100の層数は、梁部100以外の部位を構成する絶縁膜の層数よりも多くなっている。また、超音波探触子1において、引張応力を与える膜(絶縁膜12, 14a)、並びに、圧縮応力を与える膜(絶縁膜13a, 15a)は、絶縁膜である。

【0037】

梁部100においては、圧縮応力を与える膜と引張応力を与える膜とが積層されている。そのため、もし各絶縁膜の応力がばらつきにより変動した場合でも、梁部100がこのような積層構造を有することで、引張応力の膜と圧縮応力の膜とがバランスする。その結果、製造ロット間でのメンブレン102の反りの変動が小さく、空洞17のギャップ間隔のばらつきを小さくすることができる。

【0038】

また、メンブレン102を構成する各絶縁膜の応力の総和が圧縮応力となる場合は、座屈が発生する。これにより、メンブレン102が正常に振動しなくなるか、場合によっては座屈による割れが発生することがある。そのため、各絶縁膜の応力の総和は引張応力になることが好ましい。即ち、シリコン基板(基板)5上に形成される絶縁膜(膜)6, 8, 9, 10, 12, 18a, 18bの応力の総和が引張応力である。また、各絶縁膜の応力の平均値も同様に引張応力になることが好ましい。従って、cMUT素子2においては、各絶縁膜の応力の総和は引張応力になるように、層数を決定している。

【0039】

なお、梁部100及びリム部101を覆う絶縁膜16は、前記のように引張応力を与え

10

20

30

40

50

る膜であるが、c M U T 素子 2 の表面を保護（例えば異物の混入、防湿等）する機能も有する。

【 0 0 4 0 】

次に、図 4 を参照しながら、メンブレン 1 0 2 の厚さと梁部 1 0 0 の高さとの関係について説明する。c M U T 素子 2 においては、図 4 に示すように、メンブレン 1 0 2 の応力中立面 1 0 3 が、梁部 1 0 0 の梁中立面 1 0 4 よりも低い位置になっている。即ち、応力中立面 1 0 3 と梁中立面 1 0 4 とを比較した際に、応力中立面 1 0 3 が上電極 1 1 により近くなるようになっている。従って、応力中立面 1 0 3 及び梁中立面 1 0 4 がこのような関係を満たすように、メンブレン 1 0 2 及び梁部 1 0 0 の高さが設定される。

【 0 0 4 1 】

即ち、超音波探触子 1 において、図 4 に示すように、シリコン基板（基板）5 上に形成されている絶縁膜 6 , 8 , 9 , 1 0 , 1 2 , 1 8 a , 1 8 b のシリコン基板 5 に垂直な方向の応力中立面 1 0 3 が、梁部 1 0 0 のシリコン基板 5 に垂直な方向の梁中立面 1 0 4 よりも、シリコン基板 5 に近い位置に存在する。

【 0 0 4 2 】

なお、前記の「中立面」に関して、本実施例では以下のように定義する。即ち、各膜の応力によりメンブレン 1 0 2 に曲げ変形（反り）が発生した場合、凹側は縮み、凸側は伸びている状態であるが、この境界の縮みや伸びがない、即ち歪がゼロとなる面を「中立面」と呼称するものである。

【 0 0 4 3 】

メンブレン 1 0 2 が駆動（反り及び振動）するときの支点は、空洞 1 7 の上面端部 1 0 5 である。また、メンブレン 1 0 2 が駆動するときの振動中心は、空洞 1 7 の上面 1 0 6 近傍である。従って、応力中立面 1 0 3 が上面 1 0 6 から離れるに従ってメンブレン 1 0 2 に発生する曲げモーメントが大きくなる。その結果、メンブレン 1 0 2 の反りが大きくなるとともに、各絶縁膜の応力ばらつきの影響度も大きくなる。

【 0 0 4 4 】

このことを考慮すると、応力中立面 1 0 3 は、上面 1 0 6 にできるだけ近くなるように設定することが好ましい。即ち、c M U T 素子 2 においては、上面 1 0 6 と応力中立面 1 0 3 との距離と、上面 1 0 6 と梁中立面 1 0 4 との距離とを比較した場合、前者の距離の方が短くなるように設定される。

【 0 0 4 5 】

< c M U T 素子 2 についての変形例 >

図 5 は、図 3 に示す c M U T 素子 2 の変更例である。なお、図 5 に示す c M U T 素子 2 a において、図 3 に示す c M U T 素子 2 と同じ部材については同じ符号を付すものとし、その詳細な説明は省略する。

【 0 0 4 6 】

c M U T 素子 2 a は、梁部 1 0 0 において、絶縁膜 1 5 a と絶縁膜 1 6 との間に高剛性膜 2 2 a が設けられている。また、リム部 1 0 1 において、絶縁膜 1 5 b と絶縁膜 1 6 との間に高剛性膜 2 2 b が設けられている。このような高剛性膜 2 2 a , 2 2 b が設けられることにより、メンブレン 1 0 2 の剛性を高めることができる。その結果、各絶縁膜の応力ばらつきに対して、反り変動やギャップ間隔の変動を小さく抑えることができる。

【 0 0 4 7 】

高剛性膜 2 2 a , 2 2 b を構成する具体的材料は特に制限されないが、タングステン（W）、炭化タングステン（W C）、ほう化タングステン（W₂ B₅）、窒化チタン（T i N）、炭化チタン（T i C）、モリブデン（M o）、ほう化モリブデン（M o₂ B₅）、炭化モリブデン（M o₂ C）、ほう化チタン（T i B₂）及び炭化ケイ素（S i C）が好適である。また、これらの中でも、タングステンが特に好適である。これらは 1 種を単独で用いてもよく、2 種以上を併用してもよい。

【 0 0 4 8 】

即ち、図 5 に示すように、c M U T 素子（超音波送受信素子）2 の外表面には絶縁膜 1

10

20

30

40

50

6（引張応力を与える膜）が形成され、高剛性膜 2 2 a（梁部 1 0 0 の最上膜）として、絶縁膜 1 6（外表面の引張応力を与える膜）に接して、タングステン、炭化タングステン、ほう化タングステン、窒化チタン、炭化チタン、モリブデン、ほう化モリブデン、炭化モリブデン、ほう化チタン及び炭化ケイ素からなる群より選ばれる 1 種以上の膜が形成されている。

【 0 0 4 9 】

これらの材料についてのヤング率を下記表 1 にまとめた。また、表 1 には、二酸化ケイ素（第 1 の絶縁膜）及び窒化ケイ素（第 2 の絶縁膜）のヤング率も併せて示している。

【 0 0 5 0 】

【表 1】

10

〔表1〕

材料	ヤング率(GPa)
タングステン	400～410
炭化タングステン	450～650
ほう化タングステン	770
窒化チタン	590
炭化チタン	470
モリブデン	330
ほう化モリブデン	670
炭化モリブデン	540
ほう化チタン	300
炭化ケイ素	450
二酸化ケイ素	70
窒化ケイ素	140

20

【 0 0 5 1 】

表 1 に示すように、高剛性膜 2 2 a , 2 2 b に適用可能な材料は、二酸化ケイ素及び窒化ケイ素のそれぞれのヤング率よりも大きなヤング率を有する材料である。即ち、高剛性膜 2 2 a , 2 2 b に適用可能な材料が有するヤング率としては、3 0 0 G P a 以上であることが好ましい。そして、このような高剛性膜 2 2 a , 2 2 b を備えることで、ギャップ間隔の変動を抑制する効果をよりいっそう引き出すことができる。

【 0 0 5 2 】

< メンブレン 1 0 2 の間隔変動量の評価 >

30

図 3 に示す c M U T 素子 2、図 5 に示す c M U T 素子 2 a、並びに比較例の c M U T 素子（図示せず）のそれぞれについて、メンブレンの間隔変動量について検討した。なお、比較例の c M U T 素子においては、梁部が設けられるとともに、梁部の最上層膜より下の絶縁膜が二酸化シリコン膜と窒化シリコン膜の 2 層構造のものである。即ち、図 3 に示す c M U T 素子 2 において、絶縁膜 1 2 , 1 3 a , 1 3 b が省かれた梁部 1 0 0 及びリム部 1 0 1 を備える c M U T 素子である。

【 0 0 5 3 】

間隔変動量について、図 6 を参照しながら説明する。なお、図 6 において、図示の簡略化のために空洞 1 7 近傍の部材のみを示し、c M U T 素子 2 を構成する部材の一部を省略して記載している。

40

【 0 0 5 4 】

メンブレンは、通常は、メンブレンを構成する各絶縁膜や上電極膜の応力バランスにより、初期の反り変形量が決まる。各絶縁膜や上電極の応力が製造ロット間や、ウエハ面内のばらつきにより変動した場合は、応力バランスが変化するため、初期の反り変形量も図 6（b）の（i）（ii）（iii）のように変わることになる。

【 0 0 5 5 】

初期の反りの場合の、空洞 1 7 の高さ方向の幅は L 0 とすると、製造ロットばらつきや、ウエハ面内のばらつきにより、空洞 1 7 の高さ方向の幅が図 6（b）に示すようにばらつくことがある。例えば、（i）では標準的な幅 L 1 となったにも関わらず、（ii）ではメンブレン 1 0 2 があまり反らず、幅が L 2（L 1 < L 2）と長くなっている。また、（ii

50

i) では、メンブレン 102 が極端に反ってしまい、幅が L_3 ($L_1 > L_3$) と短くなっている。これらの反りのばらつき（空洞 17 の高さ方向の幅のばらつき）は、例えば製造ロット間のばらつきに起因するものである。

【0056】

そして、このような幅のばらつき（即ち、標準的な幅 L_1 に対する差分）が過度に大きい場合、前記のような課題が生じることになる。そこで、このような幅のばらつきは、製造ロット間でできるだけ小さいことが好ましい。幅のばらつきを小さくすることで、同じ電圧（直流電圧及び交流電圧）を印加したときのメンブレンの挙動を全ての製造ロット間で同様にすることができる。

【0057】

以上の点を踏まえ、cMUT素子2、cMUT素子2a、並びに従来のcMUT素子のそれぞれについて、メンブレンの間隔変動量（即ち、製造ロット間での幅の変動量）を評価した。評価は、有限要素法によるシミュレーションにより行った。その結果を図7に示す。

【0058】

図7に示すグラフにおいては、所定の直流電圧を印加した際のcMUT素子における幅のばらつきを所定回数評価し、それらのうちの最大幅と最小幅との差を規格化して示している。図7に示すように、比較例のcMUT素子の間隔変動量を1とした場合、本実施形態のcMUT素子2の間隔変動量は0.5であった。また、本実施形態のcMUT素子2aの間隔変動量は0.3であった。

【0059】

このように、本実施形態のcMUT素子2, 2aを用いることで、間隔変動量を小さくすることができる。即ち、本実施形態のcMUT素子2, 2aによれば、メンブレンの駆動のばらつきを小さくすることができる。換言すれば、製造ロット間での幅のばらつきを小さくすることができる。これにより、音響特性のばらつきを小さくすることができ、特性安定性に優れた超音波探触子を提供することができる。

【0060】

<本実施形態の超音波探触子を用いた超音波診断装置>

次に、本実施形態の超音波探触子を備える超音波診断装置（本実施形態の超音波診断装置）について、図8を参照しながら説明する。即ち、図8は、前記の超音波探触子1を備える超音波診断装置201を示す図である。

【0061】

超音波診断装置201は、被検体内に超音波を送信し受信して得られたエコー信号を用いて診断部位の2次元超音波画像、3次元超音波画像あるいは各種ドブラ画像を構成して表示するものである。具体的には、超音波診断装置201は、図8(a)に示すように、超音波探触子1と、超音波探触子1が電氣的に接続されている超音波送受信部204と、超音波画像形成部205と、表示部206と、制御部207と、コントロールパネル208とを備えて構成される。

【0062】

超音波探触子1は、被検体95に超音波を送信して反射したエコーを受信するものである。超音波探触子に搭載されるcMUT素子としては、図3に示すcMUT素子2や図5に示すcMUT素子2aが適用される。超音波探触子1の具体的な構成は図1等を参照しながら前記したため、その説明を省略する。

【0063】

超音波送受信部204は、被検体95に送信する超音波信号を発生するためのパルス状の電気信号を発生するものである。超音波送受信部204は、発生させた電気信号を超音波探触子1に送信する送信パルス発生部と、超音波探触子1で受信したエコー信号を電気信号に変換する変換部とを備える。超音波送受信部204は、例えば市販されている任意の超音波送受信機等により構成される。

【0064】

超音波画像形成部 205 は、受信信号から 2 次元超音波画像、3 次元超音波画像あるいは各種ドプラ画像を形成するものである。超音波画像形成部 205 は、具体的には例えば CPU (Central Processing Unit) 等により構成される。

【0065】

表示部 206 は、超音波画像形成部 205 で形成された超音波画像を表示するものである。また、表示部 206 には、後記するコントロールパネル 208 によって入力された情報や、その他診断に必要な情報等も併せて表示される。表示部 206 は、具体的には例えば LCD (Liquid Crystal Display) やモニタ装置等により構成される。

【0066】

制御部 207 は、後記するコントロールパネル 208 で入力される制御情報に基づいて各手段を制御するものである。制御部 207 は、具体的には例えば CPU 等により構成される。

10

【0067】

コントロールパネル 208 は、作業者が被検体 95 に対して所望の診断を行えるように、任意の情報が作業者によって入力されるものである。そして、この入力された情報に基づいて、制御部 207 が各手段を制御する。コントロールパネル 208 は、具体的には例えば押しボタン、タッチパネル等により構成される。

【0068】

そして、超音波診断装置 201 を被検体 95 に具体的に適用した様子が、図 8 (b) である。

20

【0069】

超音波探触子 1 を用いた前記超音波診断装置 201 は、cMUT 素子 2, 2a を構成する絶縁膜の応力ばらつきがあっても、各素子において、メンブレン 102 の反りのばらつきが小さい。そのため、空洞 17 の幅 (ギャップ間隔) のばらつきが小さくなり、cMUT 素子 2, 2a を駆動 (初期位置にメンブレンを移動) するための直流電圧のばらつきが小さい。

【0070】

この直流電圧の大きさは、送信音圧及び受信感度の特性を決定する因子である。そのため、直流電圧のばらつきが小さくなると、送信受信の感度ばらつきや信号のばらつきが小さくなる。従って、超音波診断装置 201 で表示する前記超音波画像の表示むらや粒子状に荒れたような部分がなく、高精細な画像を提供することができる。

30

【0071】

<変更例>

以上、具体的な実施形態を挙げて本実施形態を説明したが、本実施形態は前記の内容に何ら制限されるものではない。例えば、各絶縁膜を構成する材料としては、前記の実施形態においては二酸化ケイ素及び窒化ケイ素を用いているが、引張応力を与える材料と圧縮応力を与える材料とを適宜組み合わせる用いればよい。

【0072】

また、梁部 100 内部に含まれる絶縁膜の層数は図示の層数 (絶縁膜 12, 13a, 14a, 15a の 4 層) に限定されず、単数層又は複数層等の任意の層数に設定すればよい。さらに、リム部 101 内部に含まれる絶縁膜の層数も図示の層数 (絶縁膜 12, 13b, 14b, 15b の 4 層) に限定されず、単数層又は複数層等の任意の層数に設定すればよい。これらの層数は、梁部 100 及びリム部 101 内部で、異なる層数にしてもよい。さらに図示の例では、梁部 100 に含まれる層数は、梁部 100 とリム部 101 との間におけるメンブレン 102 の層数よりも多くなっているが、このような層数の関係に限定されるものではない。また、梁部 100 及びリム部 101 の高さは異なってもよい。

40

【0073】

また、メンブレン 102 を構成する電極や絶縁膜の厚さも特に限定されず、適宜設定すればよい。ただし、図 4 を参照しながら説明した関係を満たすように、電極や絶縁膜の厚さ (即ちメンブレン 102 および梁部 100 の高さ) を設定することが好ましい。

50

【 0 0 7 4 】

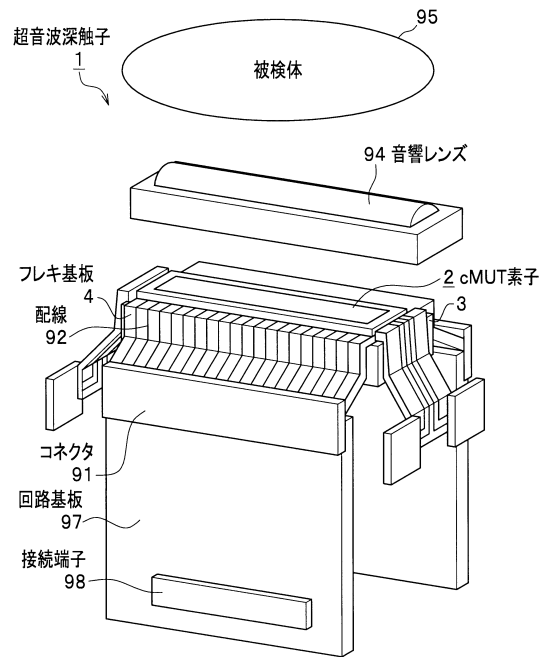
また、図示の例では、引張応力を与える層と圧縮応力を与える層とが交互に積層されているが、積層の形態としてはこの図示の例に限定されるものではない。

【 符号の説明 】

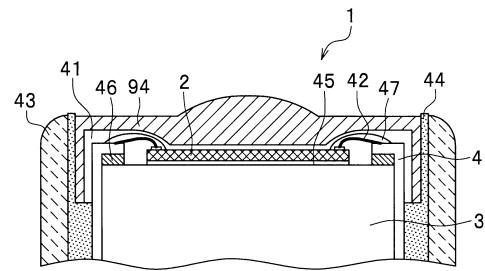
【 0 0 7 5 】

1	超音波探触子	
2	c M U T 素子 (超音波送受信素子)	
3	バックিং	
4	フレキ基板	
6	絶縁膜	10
7	下電極 (電極)	
8	絶縁膜	
9	絶縁膜	
1 0	絶縁膜	
1 1	上電極 (電極)	
1 2	絶縁膜 (第 2 の絶縁膜)	
1 3 a、1 3 b	絶縁膜 (第 1 の絶縁膜)	
1 4 a、1 4 b	絶縁膜 (第 2 の絶縁膜)	
1 5 a、1 5 b	絶縁膜 (第 1 の絶縁膜)	
1 6	絶縁膜	20
1 7	空洞	
1 8 a、1 8 b	絶縁膜	
2 0	リム端	
2 1	空洞端	
4 1	樹脂	
4 2	ワイヤ	
4 3	ケース	
4 4	樹脂	
4 5	樹脂	
4 6	樹脂	30
4 7	封止樹脂	
9 1	コネクタ	
9 2	配線	
9 4	音響レンズ	
9 5	被検体	
9 7	回路基板	
9 8	接続端子	
1 0 0	梁部	
1 0 1	リム部	
1 0 2	メンブレン	40
1 0 3	応力中立面	
1 0 4	梁中立面	
1 0 5	上面端部	
1 0 6	上面	
2 0 1	超音波診断装置	
2 0 4	超音波送受信部	
2 0 5	超音波画像形成部	
2 0 6	表示部	
2 0 7	制御部	
2 0 8	コントロールパネル	50

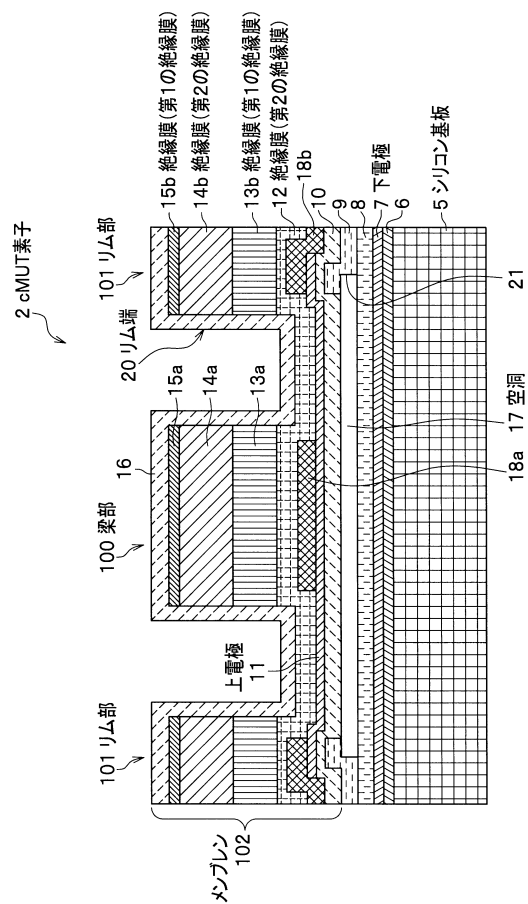
【 図 1 】



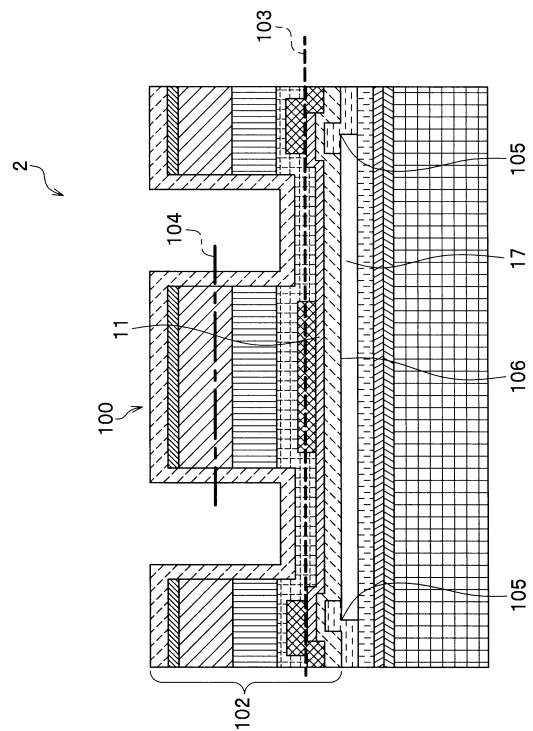
【 図 2 】



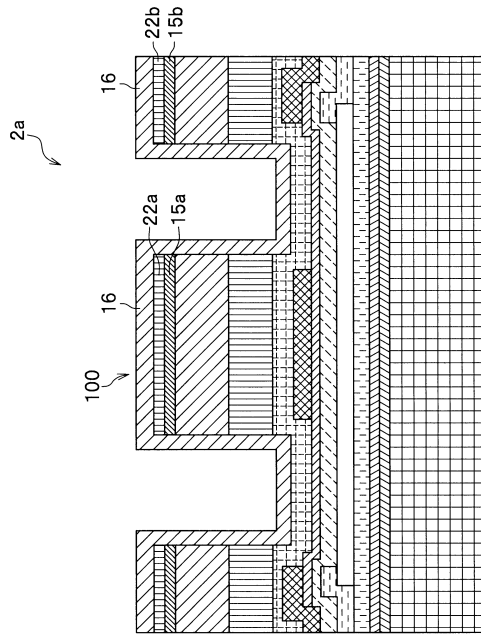
【圖 3】



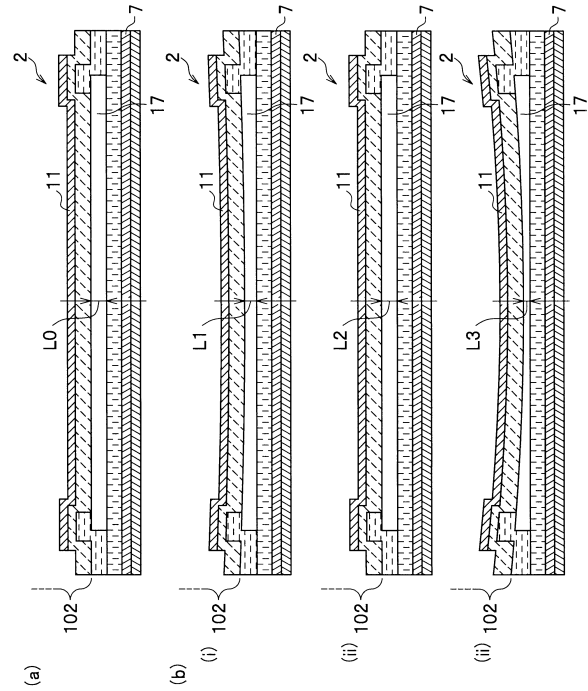
【圖 4】



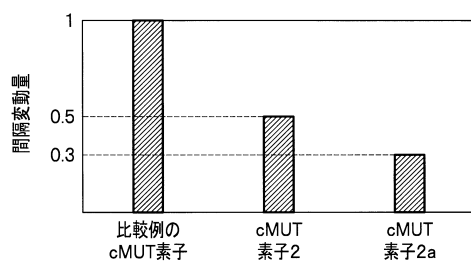
【図5】



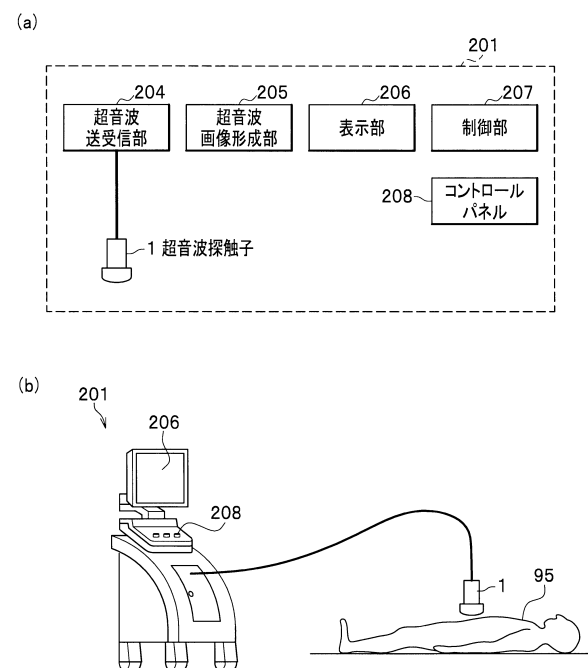
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 佐光 暁史

東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号 日立アロカメディカル株式会社内

審査官 右▲高▼ 孝幸

(56)参考文献 特開2007-259165(JP,A)

国際公開第2007/046180(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 8/00

H04R 19/00

专利名称(译)	超声波探头和使用其的超声波诊断装置		
公开(公告)号	JP5852461B2	公开(公告)日	2016-02-03
申请号	JP2012029259	申请日	2012-02-14
[标]申请(专利权)人(译)	日立阿洛卡医疗株式会社		
申请(专利权)人(译)	日立アロカメディカル株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	日立アロカメディカル株式会社		
[标]发明人	吉村保廣 永田達也 佐光暁史		
发明人	吉村 保廣 永田 達也 佐光 暁史		
IPC分类号	A61B8/00 H04R19/00		
CPC分类号	G01N29/2406 A61B8/14 A61B8/4444 A61B8/4494 A61B8/461 B06B1/0292 G01N2291/028 G01N2291/044 G01N2291/101		
FI分类号	A61B8/00 H04R19/00.330		
F-TERM分类号	4C601/EE04 4C601/EE10 4C601/GB02 4C601/GB19 4C601/GB20 4C601/GB41 4C601/GB42 5D019/AA21 5D019/DD01 5D019/FF04		
代理人(译)	悦生田田		
其他公开文献	JP2013165753A5 JP2013165753A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供特性稳定性优异的超声波探头和使用该超声波探头的超声波诊断装置。形成在基板上的绝缘膜，形成在基板和绝缘膜之间的空腔，以及与基板平行形成的空腔，空腔夹在它们之间在具有包括一对电极7,11的超声波发送/接收元件2的超声波探头1中，超声波发送/接收元件2设置在远离一对电极7,11的基板5的电极11上。提供具有多层结构的梁部分100，其中层压由具有不同应力的材料制成的膜，并且梁部分100的特征在于层压产生拉应力的膜和产生压应力的膜。要做，超声波探头1。点域

(21) 出願番号	特願2012-29259 (P2012-29259)	(73) 特許権者	390029791
(22) 出願日	平成24年2月14日 (2012. 2. 14)		日立アロカメディカル株式会社
(65) 公開番号	特開2013-165753 (P2013-165753A)		東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号
(43) 公開日	平成25年8月29日 (2013. 8. 29)	(74) 代理人	100064414
審査請求日	平成26年8月11日 (2014. 8. 11)		弁理士 磯野 道造
		(74) 代理人	100111545
			弁理士 多田 悦夫
		(72) 発明者	吉村 保廣
			茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内
		(72) 発明者	永田 達也
			東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号 日立アロカメディカル株式会社内