

(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2018-79589

(P2018-79589A)

(43) 公開日 平成30年5月24日(2018.5.24)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)
B 4 1 J 2/175 (2006.01) B 4 1 J 2/175 3 1 1 2 C 0 5 6

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 14 頁)

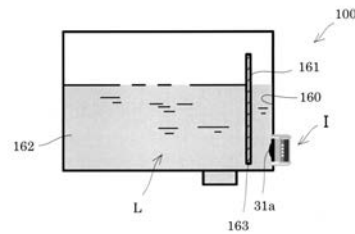
<p>(21) 出願番号 特願2016-221911 (P2016-221911) (22) 出願日 平成28年11月14日 (2016.11.14)</p>	<p>(71) 出願人 000002369 セイコーエプソン株式会社 東京都新宿区新宿四丁目1番6号 (74) 代理人 100101236 弁理士 栗原 浩之 (74) 代理人 100166914 弁理士 山▲崎▼ 雄一郎 (72) 発明者 一色 鉄也 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内 (72) 発明者 米村 貴幸 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内 Fターム(参考) 2C056 EA29 EB20 EB50 KC02 KD06</p>
--	--

(54) 【発明の名称】 液体検出装置及び液体容器

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 液体の検知性能を向上させ、組み込みも容易な液体検出装置及びそれを備えた液体容器を提供する。

【解決手段】 超音波を送受信する超音波センサーであって、薄膜からなる圧電体層と、圧電体層を挟む第1電極及び第2電極を備えた超音波素子をキャビティーを有する基板上に設けられた振動板上に具備する超音波センサーと、容器に蓄えられた液体の液面と同一液面を形成する流路160とを具備し、超音波センサーの超音波を送受信する側に設けられた音響整合層及びレンズの表面の検出面31aを流路内の液体に接触させるように設けた。



【選択図】 図2

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

超音波を送受信する超音波センサーであって、薄膜からなる圧電体層と、該圧電体層を挟む第 1 電極及び第 2 電極を備えた超音波素子をキャビティを有する基板上に設けられた振動板上に具備する超音波センサーと、

容器に蓄えられた液体の液面と同一液面を形成する流路とを具備し、該超音波センサーの超音波を送受信する側に設けられた音響整合層及びレンズの表面の検出面を前記流路内の液体に接触させるように設けたことを特徴とする液体検出装置。

【請求項 2】

前記超音波素子から送信した超音波を受信した際の電圧の変化により液量を検出することを特徴とする請求項 1 記載の液体検出装置。 10

【請求項 3】

前記超音波素子に周波数を変化させた電圧を印加した際の周波数依存性から液量を検出することを特徴とする請求項 1 記載の液体検出装置。

【請求項 4】

前記超音波センサーの前記検出面は、前記超音波素子の前記振動板とは反対側であり、該超音波素子を覆う音響整合層上に設けられたレンズの表面であることを特徴とする請求項 1 ~ 3 の何れか 1 項記載の液体検出装置。

【請求項 5】

前記超音波センサーの前記検出面は、前記キャビティ側にあり、前記キャビティに充填された音響整合層上に設けられたレンズの表面であることを特徴とする請求項 1 ~ 3 の何れか 1 項記載の液体検出装置。 20

【請求項 6】

前記液体が固形分を分散したものであり、前記超音波素子に周波数を変化させた電圧を印加した際の周波数依存性から、前記固形分の分散状態を検出することを特徴とする請求項 1 ~ 5 の何れか 1 項記載の液体検出装置。

【請求項 7】

請求項 1 ~ 5 の何れか 1 項記載の液体検出装置を備えたことを特徴とする液体容器。

【発明の詳細な説明】 30**【技術分野】****【0001】**

本発明は、液体残量等の液体に関する情報を検知する液体検出装置及びそれを備える液体容器に関する。

【背景技術】**【0002】**

インクジェットプリンターを始めとする液体噴射装置に噴射する液体を供給するために、液体を収容する液体容器が用いられている。

【0003】

従来、液体容器内部の液体残量の管理方法としては、液体噴射装置が噴射した液体の量をソフトウェアにより積算して管理する方法や、液体容器に液体残量センサーを設ける方法が知られている。後者の例として、圧電素子を含む液体残量センサーが知られている（特許文献 1、2 参照）。このセンサーは、圧電素子が積層された振動板に対向するキャビティの内部に、液体が存在する場合と液体が存在しない場合とで、強制振動後の振動板の残留振動（自由振動）に起因する残留振動信号の共振周波数が変化することを利用して、液体容器内の液体残量を検知する。 40

【0004】

また、上記センサーは、振動板（圧電素子）の振動吸収が十分に抑制されておらず、センサーの検知性能の低下を招いていたという問題を解消するために、圧電素子の振動吸収によるセンサー検知性能の低下を抑制するセンサーが提案されている（特許文献 3 参照） 50

。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2001-146030号公報

【特許文献2】特開2006-281550号公報

【特許文献3】特開2010-167650号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

10

上述した従来構成においても、バルクの圧電体層を用いているので、共振周波数が数十kHzオーダーとなり、インクの有無により共振ピークの分離精度が悪いという課題がある。また、セラミック部品のため、焼成による収縮ばらつきがあるため、液体容器への組み込みでもインク漏れを引き起こさないように、多重の漏れ設計が必要となり、コストアップにつながるという課題もある。

【0007】

本発明は、液体の検知性能を向上させ、組み込みも容易な液体検出装置及びそれを備えた液体容器を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

20

上記課題を解決する本発明の態様は、超音波を送受信する超音波センサーであって、薄膜からなる圧電体層と、該圧電体層を挟む第1電極及び第2電極を備えた超音波素子をキャビティを有する基板上に設けられた振動板上に具備する超音波センサーと、容器に蓄えられた液体の液面と同一液面を形成する流路とを具備し、該超音波センサーの超音波を送受信する側に設けられた音響整合層及びレンズの表面の検出面を前記流路内の液体に接触させるように設けたことを特徴とする液体検出装置にある。

かかる態様では、薄膜の圧電体層を用いているので、検出性能を向上を図ることができ、また、液体と接触させた状態での配置が比較的容易に行うことができる。

【0009】

ここで、例えば、前記超音波素子から送信した超音波を受信した際の電圧の変化により液量を検出することができる。これにより、電圧を検出することで、比較的容易に液体を検出することができる。

30

【0010】

また、例えば、前記超音波素子に周波数を変化させた電圧を印加した際の周波数依存性から液量を検出することができる。これにより、当該液体検出装置と液体との共振周波数を把握することで液体の量を検出でき、薄膜の圧電体層なので、バルクより検出性能が向上する。

【0011】

また、例えば、前記超音波センサーの前記検出面は、前記超音波素子の前記振動板とは反対側であり、該超音波素子を覆う音響整合層上に設けられたレンズの表面である。これにより、超音波素子側から超音波が照射され、検出性能がさらに向上する。

40

【0012】

前記超音波センサーの前記検出面は、前記キャビティ側にあり、前記キャビティに充填された音響整合層上に設けられたレンズの表面である。これによれば、超音波素子の防液体構造が比較的容易となる。

【0013】

また、例えば、前記液体が固形分を分散したものであり、前記超音波素子に周波数を変化させた電圧を印加した際の周波数依存性から、前記固形分の分散状態を検出する。これによれば、固形分を分散した液体の固形分の分散状態を検出することができる。

【0014】

50

本発明の他の態様は、上記何れかの態様の液体検出装置を備えたことを特徴とする液体容器にある。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】実施形態1に係る液体容器の構成例を示す分解斜視図。

【図2】実施形態1に係る液体容器の模式図。

【図3】実施形態1の液体検出装置の概略構成を示す断面図。

【図4】実施形態1に係る超音波センサーの分解斜視図。

【図5】実施形態1に係る超音波センサーの概略構成を示す要部平面図。

【図6】図5のA-A'線断面図。

10

【図7】図5のB-B'線断面図。

【図8】実施形態2に係る液体検出装置の概略構成を示す断面図。

【図9】実施例1の結果を示す図。

【図10】実施例3の結果を示す図。

【図11】実施例5の結果を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、図面を参照して本発明の実施形態を説明する。以下の説明は、本発明の一態様を示すものであって、本発明の範囲内で任意に変更可能である。各図において、同じ符号を付したものは、同一の部材を示しており、適宜説明が省略されている。

20

【0017】

(実施形態1)

図1は、本実施形態の液体検出装置を備えた液体容器であるインクカートリッジ100の概略構成を示す分解斜視図である。

インクカートリッジ100は、容器本体102と、第1のフィルム104と、第2のフィルム108と、蓋体106とを備えている。これらの部材は、例えば、互いに熱溶着可能な樹脂（例えば、ポリプロピレンやポリエチレン）で形成されている。容器本体102の下面には、液体供給部110が形成されている。液体供給部110の内部には、下面から順にシール部材114と、パネ座112と、閉塞パネ116とが収容されている。シール部材114は、液体供給部110に、印刷ヘッドユニットのインク供給針（図示省略）が挿入されているときに、液体供給部110の内壁とインク供給針の外壁との間に隙間が生じないようにシールする。パネ座112は、インクカートリッジ100が印刷ヘッドユニットに装着されていないときに、シール部材114の内壁に当接して液体供給部110を閉塞する。閉塞パネ116は、パネ座112をシール部材114の内壁に当接させる方向に付勢する。インク供給針が液体供給部110に挿入されると、インク供給針の上端がパネ座112を押し上げ、パネ座112とシール部材114との間に隙間が生じ、当該隙間からインク供給針にインクが供給される。

30

【0018】

容器本体102の表面及び裏面、並びに後述する液体検出装置Iが取り付けられる側の面である正面には、リブ10aを始め様々な形状を有する流路形成部が形成されている。第1のフィルム104および第2のフィルム108は、容器本体102の表面および裏面の全体を覆うように、容器本体102に貼り付けられている。第1のフィルム104および第2のフィルム108は、容器本体102に形成された流路形成部の端面との間に隙間が生じないように緻密に貼り付けられている。これらの流路形成部と第1のフィルム104および第2のフィルム108により、インクカートリッジ100の内部には、複数の小部屋や細い流動路などの液体流路が区画形成される。なお、流路形成部の一部として容器本体102に形成されたバルブ収容部10bと、第2のフィルム108との間には、負圧発生バルブが配置されるが、図の煩雑を避けるため、図示は省略する。蓋体106は、第1のフィルム104を覆うように、容器本体102の裏面側に装着される。

40

【0019】

50

容器本体 102 の正面には、印刷ヘッドユニットに設けられたホルダー側に係合されるレバー 120 が設けられている。例えばレバー 120 の下方位置には、流路形成部の一部であるベース部材収容部 134 が開口している。ベース部材収容部 134 の開口部分 132 の周囲には溶着リブが形成されている。ベース部材収容部 134 の開口部分 132 の内側には、内部の流路形成部内のインクと液面が同一になるように下部で連通した液体検出流路が形成され、開口部分 132 の溶着リブに液体検出装置 I が溶着されている。

【0020】

この液体検出装置 I の取付状態を模式的に示すのが図 2 である。図 2 に示すように、インクカートリッジ 100 内には液体検出流路 160 が隔壁 161 を介して液体流路形成部 162 と隔離して設けられ、両方のインク L は下部の連通部 163 を介して連通している。そして、液体検出装置 I が、検出面 31a をインク L に接触した状態で設けられている。

10

【0021】

カバー 230 は、液体検出装置 I を保護するように配置される。中継端子 240 は、カバー 230 に収容される。中継端子 240 は、液体検出装置 I の図示しない電極端子と電氣的に接触する端子を備えている。回路基板 250 は、カバー 230 に装着され、かつ、中継端子 240 の端子と電氣的に接続される。

【0022】

(液体検出装置)

図 3 は、実施形態 1 に係る液体検出装置 I の断面図、図 4 は、液体検出装置 I に搭載される超音波センサー 1 の分解斜視図である。

20

【0023】

図 3 は、本発明の実施形態 1 にかかる超音波センサー 1 を搭載した液体検出装置 I の構成例を示す断面図である。図示するように、液体検出装置 I は、C A V 面型の超音波センサー 1 と、超音波センサー 1 に接続されたフレキシブルプリント基板 (F P C 基板 2) と、図示しない装置端末から引き出されたケーブル 3 と、F P C 基板 2 及びケーブル 3 を中継ぎする中継基板 4 と、超音波センサー 1、F P C 基板 2 及び中継基板 4 を保護する筐体 5 と、筐体 5 及び超音波センサー 1 の間に充填された耐水性樹脂 6 とを具備して構成されている。また、詳細は後述するが、超音波センサー 1 は、超音波素子 10、音響整合層 30、レンズ部材 31 及び包囲板 40 を含んで構成されている。なお、液体検出装置 I は、上記の構成に限定されず、必要に応じて他の要素を含んで構成されてもよい。

30

【0024】

超音波センサー 1 は、超音波素子 10 と、音響整合層 30 と、レンズ部材 31 と、包囲板 40 と、を含んで構成されている。超音波素子 10 は、基板 11 と、振動板 50 と、圧電素子 17 と、を含んで構成されている。図 4 において、包囲板 40 と支持部材 41 とが別体に示されているが、実際には両者は一体的に構成されている。

【0025】

互いに直交する 2 つの軸を X 軸及び Y 軸とし、X 軸及び Y 軸によって形成される平面を X Y 平面としたとき、基板 11 は、X Y 平面に沿っている。以降、X 軸を第 1 の方向 X と称し、Y 軸を第 2 の方向 Y と称し、第 1 の方向 X 及び第 2 の方向 Y の何れにも直交する Z 軸を第 3 の方向 Z と称する。なお、超音波センサー 1 は、第 1 の方向 X 及び第 2 の方向 Y の何れか一方を図 1 の上下方向に一致させるように設けられる。

40

【0026】

基板 11 には、複数の隔壁 19 が形成されている。複数の隔壁 19 により、第 1 の方向 X 及び第 2 の方向 Y に沿って、複数の空間 20 が区画されている。空間 20 は、第 3 の方向 Z に基板 11 を貫通するように形成されている。空間 20 は、二次元的、すなわち、第 1 の方向 X に複数且つ第 2 の方向 Y に複数形成されている。空間 20 の配列や形状は、種々に変形が可能である。例えば、空間 20 は、一次的、すなわち、第 1 の方向 X 及び第 2 の方向 Y の何れか一方の方向に沿って複数形成されてもよい。また、空間 20 は、第 3 の方向 Z から見たときに長方形状 (第 1 の方向 X と第 2 の方向 Y との長さの比が 1 : 1 以

50

外)であってもよい。

【0027】

振動板50は、空間20を塞ぐように基板11上に設けられている。以降、振動板50の基板11側の面を第1面50aと称し、第1面50aに対向する面を第2面50bと称する。振動板50は、基板11上に形成された弾性膜12と、弾性膜12上に形成された絶縁体膜13と、によって構成されている。この場合、弾性膜12によって第1面50aが構成され、絶縁体膜13によって第2面50bが構成される。

【0028】

図示するように、本実施形態の超音波素子10は、例えば、シリコン基板からなる基板11の一面に設けられた二酸化シリコン膜からなる弾性膜12と、酸化ジルコニウムからなる絶縁体膜13上に形成され、第1電極14と、圧電体層15と、第2電極16とからなる圧電素子17から構成される。基板11の圧電素子17に対応する領域には開口部18が形成され、開口部18は隔壁19により区切られている。

10

【0029】

基板11は例えばシリコン単結晶基板を用いることができるが、これに限定されるものではない。本実施形態では、二酸化シリコン等からなる弾性膜12と、酸化ジルコニウム等からなる絶縁体膜13とで振動板50を構成するが、これに限定されるものではなく、何れか一方でもよく、又は他の膜としてもよい。

【0030】

絶縁体膜13上には、必要に応じて密着層を介して第1電極14と、厚さが3 μ m以下、好ましくは0.3~1.5 μ mの薄膜である圧電体層15と、第2電極16と、からなる圧電素子17が形成されている。ここで、圧電素子17は、第1電極14、圧電体層15及び第2電極16を含む部分をいう。このように、圧電体層15は、液相法や気相法で形成された薄膜、好ましくは液相法で形成された薄膜であり、いわゆるバルクと相違するものであり、圧電特性などが全く相違する。

20

【0031】

一般的には、圧電素子17を駆動する場合、何れか一方の電極を共通電極とし、他方の電極を個別電極とするが、超音波素子10では、複数の超音波素子10毎に駆動し、スキャンすることが行われるので、何れか一方が共通電極で他方が個別電極という区別は現実的ではない。何れにしても、超音波素子10を一次元的又は二次元的に並列させた態様とする場合には、第1電極14を一方向に亘るように設け、第2電極16を一方向に直交する方向に亘るように設け、適宜選択した第1電極14と第2電極16との間に電圧を印加することにより、所定の圧電素子17のみを駆動することができる。

30

【0032】

圧電素子17は、超音波の送信のみに最適化して構成されていてもよく、超音波の受信のみに最適化して構成されていてもよく、超音波の送信及び受信の両方に最適化して構成されていてもよい。超音波センサー1は、送受信一体型に構成されているが、圧電素子17は、送信専用型、受信専用型、送受信一体型等の何れの型にも適用でき、CAV型、AVT型、送信専用型、受信専用型、送受信一体型等に応じて、高い検出感度を有するように設計することが可能である。

40

【0033】

また、ここでは圧電素子17と、当該圧電素子17の駆動により変位が生じる振動板50である弾性膜12及び絶縁体膜13と、を合わせてアクチュエーター装置と称する。上述した例では、弾性膜12及び絶縁体膜13と、必要に応じて設けられる密着層と、第1電極14と、が振動板50として作用するが、これに限定されるものではない。例えば、振動板50を設けず、圧電素子17自体が実質的に振動板としての機能を兼ねるようになってよい。

【0034】

第1電極14や第2電極16は導電性を有するものであれば制限されず、例えば白金(Pt)、イリジウム(Ir)、金(Au)、アルミニウム(Al)、銅(Cu)、チタン

50

(Ti)、ステンレス鋼等の金属材料、酸化インジウムスズ(ITO)、フッ素ドーパ酸化スズ(FTO)等の酸化スズ系導電材料、酸化亜鉛系導電材料、ルテニウム酸ストロンチウム(SrRuO₃)、ニッケル酸ランタン(LaNiO₃)、元素ドーパチタン酸ストロンチウム等の酸化物導電材料や、導電性ポリマー等を用いることができる。ただし、前記の材料に制限されない。

【0035】

圧電体層15は、代表的にはチタン酸ジルコン酸鉛(PZT)系のペロブスカイト構造の複合酸化物を用いることができる。これによれば、圧電素子17の変位量を確保しやすくなる。

【0036】

また、圧電体層15は、鉛を含まないもの、例えば少なくともビスマス(Bi)、バリウム(Ba)、鉄(Fe)及びチタン(Ti)を含むペロブスカイト構造の複合酸化物を用いることもできる。これによれば、環境への負荷が少ない非鉛系材料を用いて超音波素子10を実現できる。

【0037】

このようなペロブスカイト型構造、すなわち、ABO₃型構造のAサイトは、酸素が12配位しており、また、Bサイトは酸素が6配位して8面体(オクタヘドロン)をつくっている。鉛を含まない上記の圧電体層15の例では、AサイトにBi、Baが、BサイトにFe、Tiが位置している。

【0038】

Bi、Ba、Fe及びTiを含むペロブスカイト構造を有する複合酸化物では、その組成式は(Bi、Ba)(Fe、Ti)O₃として表されるが、代表的な組成としては、鉄酸ビスマスとチタン酸バリウムとの混晶として表されるものである。かかる混晶は、X線回折パターンで、鉄酸ビスマスやチタン酸バリウムが単独では検出できないものをいう。混晶の組成から外れる組成も含むものである。

【0039】

ここでのペロブスカイト構造の複合酸化物には、欠損・過剰により化学量論の組成からずれたものや、元素の一部が他の元素に置換されたものも含まれる。すなわち、ペロブスカイト構造を取り得る限りにおいて、格子不整合、酸素欠損等による不可避な組成のずれは勿論、元素の一部置換等も許容される。

【0040】

そして、ペロブスカイト構造の複合酸化物の構成は前記の例に制限されず、他の元素を含んで構成してもよい。例えば圧電体層15は、マンガン(Mn)をさらに含むことが好ましい。これによれば、リーク電流を抑制しやすくなり、例えば非鉛系の材料として信頼性の高い超音波素子10を実現できる。

【0041】

圧電体層15のAサイトのBiをリチウム(Li)、サマリウム(Sm)、セリウム(Ce)等で置換するようにしてもよく、BサイトのFeをアルミニウム(Al)、コバルト(Co)等で置換するようにしてもよい。これによれば、各種特性を向上させて構成や機能の多様化を図りやすくなる。これら他の元素を含む複合酸化物である場合も、ペロブスカイト構造を有するように構成されることが好ましい。

【0042】

音響整合層30は、空間20内に設けられている。音響整合能を有する樹脂等が基板11の開口部18等内に充填されて音響整合層30が設けられることで、圧電素子17及び測定対象物の間で音響インピーダンスが急激に変化することを防止でき、その結果、超音波の伝播効率が低下することを防止できる。音響整合層30は、例えばシリコンオイル、シリコン樹脂又はシリコンゴムから構成できるが、前記の例に限定されず、超音波センサー1の用途等に応じた材料を適宜選択して用いることができる。

【0043】

レンズ部材31は、基板11の振動板50とは反対側に設けられている。レンズ部材3

10

20

30

40

50

1 は、超音波を収束させる役割を有している。超音波を電子フォーカス法で収束させる場合等、レンズ部材 3 1 は省略可能である。ここでは、上記の音響整合層 3 0 が、レンズ部材 3 1 と基板 1 1 との接着機能も有している。レンズ部材 3 1 と基板 1 1 (隔壁 1 9) との間に音響整合層 3 0 を介在させ、超音波センサー 1 が構成されている。

【 0 0 4 4 】

レンズ部材 3 1 を超音波素子 1 0 に実装する際や、レンズ部材 3 1 の実装後にレンズ部材 3 1 の密着性を確保する際に、レンズ部材 3 1 を音響整合層 3 0 側に押圧することがある。レンズ部材 3 1 を具備していない場合や、レンズ部材 3 1 の代わりに他の部材を設けた場合にも、各部の密着性を確保するため、音響整合層 3 0 側から振動板 5 0 に押圧力を付すこともある。超音波センサー 1 では、支持部材 4 1 を具備して構成されているため、上記の通り、所定の外圧が振動板 5 0 に加わったとしても、構造歪みが生じることを抑制でき、高い信頼性を確保できる。

10

【 0 0 4 5 】

包囲板 4 0 は、振動板 5 0 の第 2 面 5 0 b 側に設けられている。包囲板 4 0 の中央には凹部 (圧電素子保持部 3 2) が形成され、この圧電素子保持部 3 2 の周囲は、包囲板 4 0 の縁部 4 0 a (図 4 等参照) とされている。圧電素子保持部 3 2 によって、圧電素子 1 7 の周囲の領域 (圧電素子 1 7 の上面及び側面を含む領域) が覆われる。従って、圧電素子保持部 3 2 の底面に相当する面が、包囲板 4 0 の圧電素子 1 7 側の面 4 0 b となる。

【 0 0 4 6 】

包囲板 4 0 は、縁部 4 0 a において超音波素子 1 0 側に接合されている。包囲板 4 0 の接合は、接着剤 (図示せず) を用いることができるが、前記の例に限定されない。圧電素子保持部 3 2 の深さ、すなわち第 3 の方向 Z の長さは、約 8 0 μm であるが、前記の値に限定されない。圧電素子保持部 3 2 の深さは、圧電素子 1 7 の駆動を阻害しない程度のスペースが確保される値であればよい。また、圧電素子保持部 3 2 は、空気で満たされていてもよく、樹脂で満たされていてもよい。包囲板 4 0 の厚さは、約 4 0 0 μm であるが、前記の値に限定されない。

20

【 0 0 4 7 】

(超音波センサーの製造方法)

次に、超音波センサー 1 の製造方法について図 5 ~ 図 7 を参照しながら説明する。図 5 は、要部平面図、図 6 は、図 5 の A - A 線断面図、図 7 は、図 5 の B - B 線断面図である。

30

【 0 0 4 8 】

まず、図示するように、基板 1 1 としてシリコン基板を準備する。次に、基板 1 1 を熱酸化することによって、その表面に二酸化シリコン (SiO_2) からなる弾性膜 1 2 を形成する。更に、弾性膜 1 2 上にスパッタリング法や蒸着法等でジルコニウム膜を形成し、これを熱酸化することによって、酸化ジルコニウム (ZrO_2) からなる絶縁体膜 1 3 を得る。このようにして、基板 1 1 上に、弾性膜 1 2 と絶縁体膜 1 3 とからなる振動板 5 0 を形成する。

【 0 0 4 9 】

次に、振動板 5 0 の絶縁体膜 1 3 上に第 1 電極 1 4 を形成する。第 1 電極 1 4 は、例えばスパッタリング法、真空蒸着法 (PVD 法)、レーザーアブレーション法等の気相法、スピンコート法等の液相法等により形成することができる。本実施形態では、スパッタリング法により、チタン、白金、イリジウム、チタンの順に成膜して第 1 電極 1 4 とした。次に、第 1 電極 1 4 をパターンニングする。第 1 電極 1 4 のパターンニングは、例えば、反応性イオンエッチング (RIE : Reactive Ion Etching)、イオンミリング等のドライエッチングや、エッチング液を用いたウェットエッチングにより行うことができる。なお、第 1 電極 1 4 のパターンニングにおける形状は、特に限定されない。

40

【 0 0 5 0 】

次に、第 1 電極 1 4 上にスパッタリング法により、4 nm の厚さでチタンを成膜し、その上に圧電体層 1 5 を形成する。圧電体層 1 5 の形成方法は限定されない。例えば、金属

50

錯体を含む溶液（前駆体溶液）を塗布乾燥し、更に高温で焼成することで金属酸化物を得るMOD（Metal - Organic Decomposition）法や、ゾル-ゲル法等の化学溶液法（湿式法）を用いることができる。その他、レーザーアブレーション法、スパッタリング法、パルス・レーザー・デポジション法（PLD法）、CVD（Chemical Vapor Deposition）法、エアロゾル・デポジション法等、気相法、液相法、又は固相法により圧電体層15を製造することができる。

【0051】

例えば、湿式法によって形成された圧電体層15は、前駆体溶液を塗布して前駆体膜を形成する工程（塗布工程）、前駆体膜を乾燥する工程（乾燥工程）、乾燥した前駆体膜を加熱して脱脂する工程（脱脂工程）、及び、脱脂した前駆体膜を焼成する工程（焼成工程）までの一連の工程によって形成された圧電体膜（不図示）を複数有する。即ち、圧電体層15は、塗布工程から焼成工程までの一連の工程を複数回繰り返すことによって形成される。なお、上述した一連の工程において、塗布工程から脱脂工程までを複数回繰り返した後に、焼成工程を実施してもよい。

10

【0052】

湿式法によって形成された層や膜は、界面を有する。湿式法によって形成された層や膜には、塗布又は焼成の形跡が残り、このような形跡は、その断面を観察したり、層内（又は膜内）における元素の濃度分布を解析したりすることによって確認可能な「界面」となる。「界面」とは、厳密には層間又は膜間の境界を意味するが、ここでは、層又は膜の境界付近を意味するものとする。湿式法によって形成された層や膜の断面を観察した場合、このような界面は、隣の層や膜との境界付近に、他よりも色が濃い部分、又は他よりも色が薄い部分として確認される。また、元素の濃度分布を解析した場合、このような界面は、隣の層や膜との境界付近に、他よりも元素の濃度が高い部分、又は他よりも元素の濃度が低い部分として確認される。圧電体層15は、塗布工程から焼成工程までの一連の工程を複数繰り返して、或いは、塗布工程から脱脂工程までを複数回繰り返した後に焼成工程を実施して形成される（複数の圧電体膜によって構成される）ため、各圧電体膜に対応して、複数の界面を有することとなる。

20

【0053】

圧電体層15を湿式法で形成する場合の具体的な手順の例は、次の通りである。まず、金属錯体を含むMOD溶液やゾルからなり、圧電体層15を形成するための前駆体溶液を調整する（調整工程）。そして、この前駆体溶液を、パターニングした第1電極14上に、スピンコート法等を用いて塗布して前駆体膜を形成する（塗布工程）。次に、この前駆体膜を所定温度、例えば130～250程度に加熱して一定時間乾燥させ（乾燥工程）、更に乾燥した前駆体膜を所定温度、例えば300～450程度に加熱して一定時間保持することによって脱脂する（脱脂工程）。更に、脱脂した前駆体膜をより高い温度、例えば650～800程度に加熱し、この温度で一定時間保持することによって結晶化させ、圧電体膜を形成する（焼成工程）。そして、上記の塗布工程、乾燥工程、脱脂工程及び焼成工程を複数回繰り返すことにより、複数層の圧電体膜からなる圧電体層15を形成する。

30

【0054】

なお、上述の前駆体溶液は、焼成により、上述したペロブスカイト型複合酸化物を形成し得る金属錯体を、それぞれ有機溶媒に溶解又は分散させたものである。つまり、前駆体溶液は、金属錯体の中心金属として、上述したペロブスカイト型複合酸化物を形成し得る各元素を含むものである。このとき、前駆体溶液中に、上記元素以外の元素を含む金属錯体、例えば、Mn、Li、Ba、Ca、Sr、Zr、Ti、Ta、Sb、Fe、Co、Ag、Mg、Zn、Cu、La、Sm、Ce、Al等の添加物を含む金属錯体を更に混合してもよい。

40

【0055】

上記各元素を含む金属錯体としては、例えば、アルコキシド、有機酸塩、 β -ジケトン錯体等を用いることができる。前駆体溶液において、これらの金属錯体の混合割合は、ペ

50

ロブスカイト型複合酸化物に含まれる各金属元素が所望のモル比となるように混合すればよい。

【0056】

前駆体溶液の作製に用いられる有機溶媒としては、例えば、プロパノール、ブタノール、ペンタノール、ヘキサノール、オクタノール、エチレングリコール、プロピレングリコール、オクタン、デカン、シクロヘキサン、キシレン、トルエン、テトラヒドロフラン、酢酸、オクチル酸、2-n-ブトキシエタノール、n-オクタン等、又はこれらの混合溶媒等が挙げられる。なお、前駆体溶液は、各金属錯体の分散を安定化する添加剤を含んでもよい。このような添加剤としては、2-エチルヘキサン酸等が挙げられる。

【0057】

乾燥工程、脱脂工程及び焼成工程で用いられる加熱装置としては、例えば、赤外線ランプの照射により加熱するRTA (Rapid Thermal Annealing) 装置、ホットプレート等が挙げられる。

【0058】

次いで、複数の圧電体膜からなる圧電体層15をパターンニングする。パターンニングは、いわゆる、反応性イオンエッチングやイオンミリング等のドライエッチングや、エッチング液を用いたウェットエッチングによって行うことができる。なお、圧電体層15のパターンニングにおける形状は、特に限定されない。

【0059】

次に、パターンニングした圧電体層15上に第2電極16を形成する。第2電極16は、第1電極14と同様の方法により形成することができる。なお、第2電極16のパターンニングにおける形状は、特に限定されない。本実施形態では、圧電体層15上に第2電極16を形成する前後で、必要に応じて600 ~ 800 程度の温度域で再加熱処理 (ポストアニール) を行ってもよい。このように、ポストアニールを行うことで、圧電体層15と第1電極14や第2電極16との良好な界面を形成することができ、且つ圧電体層15の結晶性を改善することができる。本実施形態では、スパッタリング法により20nmの厚さで白金を成膜した後、パターンニングし、この上に、スパッタリング法により、30nmの厚さのイリジウム膜及び15nmの厚さのチタン膜を形成し、パターンニングして第2電極16とした。

【0060】

以上の工程によって、第1電極14と圧電体層15と第2電極16とを備えた圧電素子17が完成する。言い換えると、第1電極14と圧電体層15と第2電極16とが重なり合う部分が圧電素子17となる。

【0061】

次に、圧電素子17とは反対側のウェハ一面を研磨処理により酸化膜を除去し、レジストを用いてパターンニングし、アルゴンプラズマを使用したドライエッチングを行い、空間20を形成した。

【0062】

その後は、不要部分をダイシング等により切断・除去し、常法により、図3等に示す音響整合層30、包囲板40等を設け、超音波センサー1とする。なお、超音波センサー1の製造方法は、上記製法に限定されない。

【0063】

以上説明した超音波センサー1は、図1に示すようなインクカートリッジ100に組み込むことにより、液体の検出を行うことができ、例えば、液体の量がしきい値より所定の閾値より少なくなったことを検出することができる。

【0064】

超音波センサー1での液体の検出は、レンズ部材31の検出面31aを液体に接触させた状態で組み込むことを行うことができる。

この際、超音波センサー1は、本実施形態では、空間20側に音響整合層30を介してレンズ部材31が設けられ、レンズ部材31の表面が検出面31aとなっているので、図

10

20

30

40

50

2に示すように、インクカートリッジ100内の液体検出流路160内の液体Lに接触した状態で組み込むことが比較的容易である。

【0065】

また、液体Lの検出は、詳細は後述するが、超音波の送受信を行った際の受信電圧の検出で、液体Lの有無、液体Lの量を検出することができる。

また、液体Lの検出は、詳細は後述するが、超音波センサー1の超音波素子10に電圧を印加した際の周波数依存性を評価することにより、液体Lの有無、液体Lの量を検出できる。例えば、後述するとおり、液体Lが存在する場合には、共振ピークが低くなり、液体Lが存在しない場合には、共振ピークが大きくなり、この変化を見ることにより液体Lの量を検出できる。

【0066】

なお、この際の共振周波数は、薄膜の圧電体層15を具備する超音波素子10を具備するので、従来のバルクのものより高周波数、例えば、数MHzとなり、共振ピークの分離精度が高いという利点がある。

【0067】

また、本実施形態では、音響整合層30を空間20内に設け、この上にレンズ部材31を設けて検出面31aとしているので、超音波素子10側の耐液体対策が比較的容易であり、製造が比較的容易であるという利点がある。

【0068】

(実施形態2)

図8は、本発明の実施形態2に係る超音波センサーを搭載した液体検出装置の概略構成を示す断面図である。

上述した実施形態1では、音響整合層30を空間20内に設け、この上にレンズ部材31を設けていたが、本実施形態の液体検出装置IAでは、超音波素子10を覆うように音響整合層30を設け、この上にレンズ部材31を設けた、ACT面型超音波センサー1Aを搭載している。

【0069】

具体的には、図8に示すように、音響整合能を有する樹脂等からなる音響整合層30が、超音波素子10を覆うように設けられ、この上にレンズ部材31が設けられている。これにより、超音波素子10側に設けたレンズ部材31側から超音波の送受信を行う構成となっているので、実施形態1と比較して超音波の送受信感度が向上するという利点がある。これにより、液体の検出性能を向上を図ることができる。

なお、他の構成は、実施形態1と同様であるので、同一部材に同一符号を付し、重複する説明は省略する。

【0070】

(液体検出の実施例1)

図3の液体検出装置Iを図1に示すように、インクカートリッジ100に組み込み、液体の検出を行った。

本実施例では、超音波センサー1の超音波の送受信を行い、液体検出流路160内に液体Lが存在した場合に、図9に示す受信電圧を得た。

一方、液体Lがない場合には、受信電圧は確認できなかった。

なお、送信の駆動信号は、基準電圧 $V_{pp} = 1V$ 、印加電圧 $V_{bias} = 10V$ とする、1.5周期のサイン波とした。

【0071】

(液体検出の実施例2)

図8の液体検出装置IAを図1に示すように、インクカートリッジ100に組み込み、液体の検出を行った。

本実施例でも、実施例1と同様に超音波の送受信を行ったが、実施例1と同様に、液体Lが存在する場合には、図9に示す受信電圧が得られ、一方、液体Lがない場合には、受信電圧は確認できなかった。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 2 】

(液体検出の実施例 3)

図 3 の液体検出装置 I を図 1 に示すように、インクカートリッジ 1 0 0 に組み込み、液体の検出を行った。

超音波センサー 1 に電圧印加した後の周波数依存性を評価した結果、図 1 0 の結果が得られた。図 1 0 に示すように、液体 L がある場合は共振ピークが低くなり、液体 L がない場合は大きくなり、液体 L の有無が検出できた。

【 0 0 7 3 】

(液体検出の実施例 4)

図 8 の液体検出装置 I A を図 1 に示すように、インクカートリッジ 1 0 0 に組み込み、液体の検出を行った。

本実施例でも、実施例 1 と同様に超音波センサー 1 に電圧印加した後の周波数依存性を評価した結果、実施例 3 と同様に、図 1 0 と同様な結果が得られた。

【 0 0 7 4 】

(液体検出の実施例 5)

図 1 の液体検出装置 I を図 1 に示すように、インクカートリッジ 1 0 0 に組み込み、液体の検出を行った。

本実施例では、実施例 3 と同様に超音波センサー 1 に電圧印加した後の周波数依存性を評価した。

【 0 0 7 5 】

この結果、図 1 1 の結果が得られた。すなわち、液体 L がある場合には、共振周波数が下がり、液体 L がない場合には、共振周波数が上がることが検出できた。これによっても、液体の有無が検出できることがわかった。

【 0 0 7 6 】

また、このように測定される共振周波数は、液体の種類によっても変化することがわかった。よって、例えば、固形分が分散されている液体（インク）を用いた場合、固形分の良好に分散している状態の共振周波数と、固形分が沈殿した状態の共振周波数が異なることがわかった。よって、本発明の液体検出装置によると、固形分が分散した状態の液体において、固形分の分散状態を検出することができる。

【 0 0 7 7 】

具体的には、固形分が分散している状態では、共振周波数が下がり、固形分が沈殿している場合には、共振周波数が上がることで、両者の違いが判別できると推定される。

【 符号の説明 】

【 0 0 7 8 】

I , I A 液体検出装置、 1 , 1 A 超音波センサー、 2 F P C 基板、 3 ケーブル、 4 中継基板、 5 筐体、 6 耐水性樹脂、 1 0 超音波素子、 1 1 基板、 1 2 弾性膜、 1 3 絶縁体膜、 1 4 第 1 電極、 1 5 圧電体層、 1 6 第 2 電極、 1 7 圧電素子、 1 8 開口部、 1 9 隔壁、 2 0 空間、 3 0 音響整合層、 3 1 レンズ部材、 3 2 圧電素子保持部、 4 0 包囲板、 4 0 a 包囲板の縁部、 4 0 b 包囲板の圧電素子側の面、 4 1 支持部材、 5 0 振動板

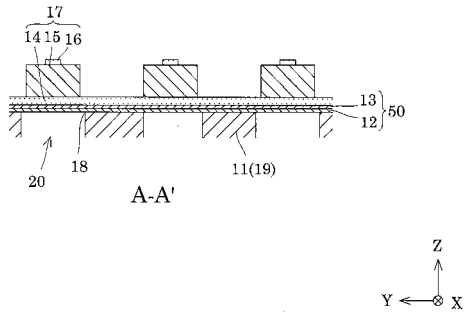
10

20

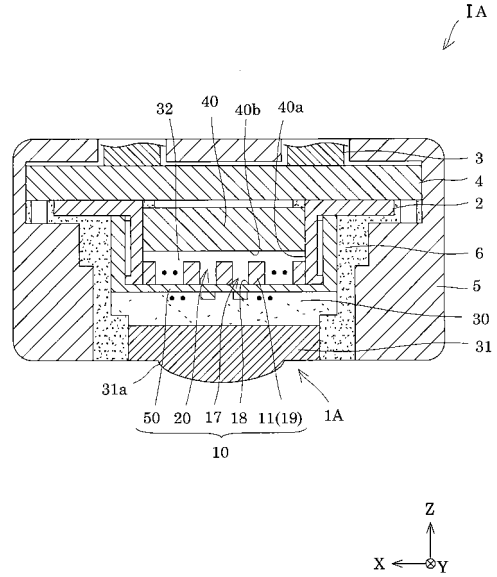
30

40

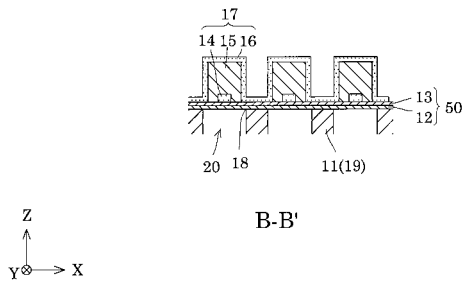
【 図 6 】



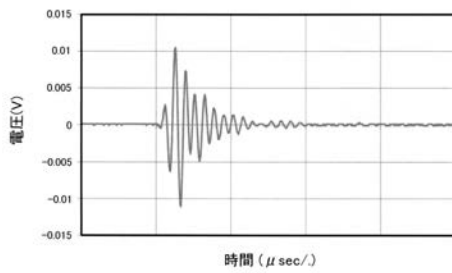
【 図 8 】



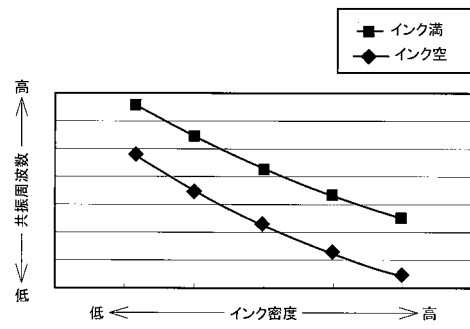
【 図 7 】



【 図 9 】



【 図 1 1 】



【 図 1 0 】

