

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3925038号
(P3925038)

(45) 発行日 平成19年6月6日(2007.6.6)

(24) 登録日 平成19年3月9日(2007.3.9)

(51) Int. Cl.	F I	
B 4 1 J 2/175 (2006.01)	B 4 1 J 3/04	1 O 2 Z
B 6 5 D 25/20 (2006.01)	B 6 5 D 25/20	Z
G O 1 F 23/22 (2006.01)	G O 1 F 23/22	H
G O 1 F 23/28 (2006.01)	G O 1 F 23/28	S
G O 1 F 23/64 (2006.01)	G O 1 F 23/64	Z
請求項の数 7 (全 40 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2000-146967 (P2000-146967)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成12年5月18日(2000.5.18)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2001-146027 (P2001-146027A)		東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(43) 公開日	平成13年5月29日(2001.5.29)	(74) 代理人	100104156
審査請求日	平成16年1月7日(2004.1.7)		弁理士 龍華 明裕
(31) 優先権主張番号	特願平11-139683	(72) 発明者	塚田 憲児
(32) 優先日	平成11年5月20日(1999.5.20)		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
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	金谷 宗秀
(31) 優先権主張番号	特願平11-256522		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
(32) 優先日	平成11年9月10日(1999.9.10)	(72) 発明者	碓井 稔
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		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
前置審査			
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 液体容器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

液体を収容する容器と、前記液体を供給する液体供給口と、前記容器内の前記液体の消費状態を検出する圧電装置と、を備え、インクジェット式記録装置に、前記容器の底面が水平面に対して傾斜するように装着されて、前記インクジェット式記録装置に液体を供給する液体容器であって、

前記圧電装置は、振動部および前記振動部と前記液体とが接触できるように形成されたキャビティを有し、前記振動部に残留する残留振動によって発生する逆起電力に基づいて、前記液体の消費状態を検出し、

前記底面には貫通孔が設けられ、

前記振動部は、前記貫通孔の外側に配され前記キャビティを形成する基板、前記基板に取り付けられ、前記貫通孔を介して前記液体と接しつつ、前記貫通孔の底部を塞ぐ振動板、および、前記振動板を介して前記貫通孔に対向して前記振動板に固定された圧電素子を有し、

前記装着状態において、前記貫通孔および前記キャビティの下方の端は連続して水平である液体容器。

【請求項2】

前記圧電装置は前記貫通孔に液密に装着されることを特徴とする請求項1に記載の液体容器。

【請求項3】

10

20

前記液体供給口は、前記底面に隣接して配置されることを特徴とする請求項 1 に記載の液体容器。

【請求項 4】

前記振動部が前記液体に接触する面の、前記液体の液面に対する傾斜の角度が、30度から60度までであることを特徴とする請求項 1 に記載の液体容器。

【請求項 5】

前記圧電装置は、音響インピーダンスに基づいて前記液体の消費状態を検出することを特徴とする請求項 1 から請求項 4 までのいずれかに記載の液体容器。

【請求項 6】

前記圧電装置によって検出された前記液体の消費状態の情報を記憶する記憶手段と、前記圧電装置とが一体に設けられた基板を前記液体の液面に対し傾斜するように当該液体容器に取り付けられていることを特徴とする請求項 1 に記載の液体容器。

【請求項 7】

インク滴を吐出する記録ヘッドを有するインクジェット記録装置に装着され、前記記録ヘッドへ供給されるインクを収容することを特徴とする請求項 1 から請求項 6 までのいずれかに記載の液体容器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、液体容器内の液体の消費状態を検出する圧電装置を有する液体容器または取付モジュール体に関し、より詳しくは、インクジェット記録装置において、記録ヘッドへ液体を供給する液体容器内の液体の消費状態を検出する圧電装置が液体の液面に対し傾斜するように配備される液体容器または取付モジュール体に関する。

【0002】

【従来の技術】

インクジェット記録装置は、圧力発生室を加圧する圧力発生手段と、加圧されたインクをノズル開口からインク滴として吐出するノズル開口とを備えたインクジェット記録ヘッドをキャリッジに搭載する。インクジェット記録装置は、インクタンクのインクを、流路を介して記録ヘッドに供給しながら印刷を継続可能に構成されている。インクタンクは、インクが消費された時点で、ユーザが簡単に交換できるように着脱可能なカートリッジとして構成されている。

【0003】

従来、インクカートリッジのインク消費の管理方法として、記録ヘッドでのインク滴の吐出数やメンテナンスにより吸引されたインク量をソフトウェアにより積算してインク消費を計算により管理する方法と、インクカートリッジに液面検出用の電極を取付けることにより、実際にインクが所定量消費された時点を管理する方法などがある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、ソフトウェアによりインク滴の吐出数やインク量を積算してインク消費を計算上で管理する方法は、ユーザサイドでの印刷形態等により誤差が生じたり、また同一カートリッジの再装着時には大きな誤差が生じるという問題がある。また、使用環境により、例えば室温が極端な高低、あるいはインクカートリッジの開封後の経過時間などによってインクカートリッジ内の圧力やインクの粘度が変化して、計算上のインク消費量と実際の消費量との間に無視できない誤差が生じてしまうという問題もあった。

【0005】

一方、電極によりインクが消費された時点を管理する方法は、インク消費のある一点の実量を検出できるため、インクの有無を高い信頼性で管理できる。しかしながら、インクの液面を検出するためにインクは導電性でなくてはならず、よって使用されるインクの種類が限定されてしまう。また、電極とインクカートリッジとの間の液密構造が複雑化する問題がある。さらに、電極の材料として、通常は導電性が良く耐腐食性も高い貴金属を使用

10

20

30

40

50

するので、インクカートリッジの製造コストがかさむという問題もある。さらに、2本の電極をそれぞれインクカートリッジの別な場所に装着する必要があるため、製造工程が多くなり結果として製造コストがかさんでしまうという問題もある。

【0006】

また、ソフトウェアによりインク滴の吐出数やインク量を積算してインク消費を計算上管理する方法は、インクカートリッジ内のインクの実際の消費量を検出することができないという問題がある。電極によりインクが消費された時点を管理する方法については、インクの消費量を検出する構成を想到できるものの、インクの種類の限定や、電極の液密構造の複雑化等の問題は残る。

【0007】

さらに、電極によりインクが消費された時点を管理する方法は、インクカートリッジ内のインクの消費量を連続的に検出することは可能であるが、インク量が少量だけ消費された場合にはその連続的な少量の変化を検出することは困難であるという問題もある。

【0008】

また、インクカートリッジ内のインクの消費量を検出する部分にキャビティがある場合には、インクが消費された後もキャビティ内にインクが残存する。キャビティ内に残存するインクによって、検出部の誤った検出を防止する効果がある。一方で、キャビティ内にインクが残存することによってインクの消費状態が検出困難になる場合もあるという問題もある。

【0009】

そこで本発明は、液体残量を正確に検出でき、かつ複雑なシール構造を不要とした液体容器を提供することを目的とする。

【0010】

また、液体容器の製造工程が少なく、かつ製造コストが低廉であり、かつ液体の種類に依らず液体容器内の液体の消費量を正確に検出することができる液体容器を提供することを目的とする。

【0011】

さらに、液体容器内の液体の消費量を連続的に検出することを可能にし、かつ液体量が少量だけ消費された場合であってもその連続的な変化を検出することができる液体容器を提供することを目的とする。

【0012】

さらに、液体容器内の液体の消費量を検出する部分にキャビティがある場合には、液体が消費された後にキャビティ内に液体を残存させないことを可能にし、液体の消費状態の検出を容易にすることができることを目的とする。

【0013】

この目的は特許請求の範囲における独立項に記載の特徴の組み合わせにより達成される。また従属項は本発明の更なる有利な具体例を規定する。

【0014】

そこで本発明は、上記の課題を解決することのできる液体容器および取付モジュール体を提供することを目的とする。この目的は特許請求の範囲における独立項に記載の特徴の組み合わせにより達成される。また従属項は本発明の更なる有利な具体例を規定する。

【0015】

【課題を解決するための手段】

即ち、本発明に従った液体容器の第1の形態によると、液体を収容する容器と、液体を供給する液体供給口と、容器内の液体の消費状態を検出する圧電装置と、を備え、インクジェット式記録装置に、容器の底面が水平面に対して傾斜するように装着されて、インクジェット式記録装置に液体を供給する液体容器であって、圧電装置は、振動部および振動部と液体とが接触できるように形成されたキャビティを有し、振動部に残留する残留振動によって発生する逆起電力に基づいて、液体の消費状態を検出し、底面には貫通孔が設けられ、振動部は、貫通孔の外側に配されキャビティを形成する基板、基板に取り付けられ

10

20

30

40

50

、貫通孔を介して液体と接しつつ、貫通孔の底部を塞ぐ振動板、および、振動板を介して貫通孔に対向して振動板に固定された圧電素子を有し、装着状態において、貫通孔およびキャピティの下方の端は連続して水平である液体容器が提供される。

【 0 0 1 6 】

好適には、上記液体容器において、圧電装置は貫通孔に液密に装着されてもよい。

【 0 0 1 7 】

好適には、上記液体容器において、液体供給口は、底面に隣接して配置されてもよい。

【 0 0 1 8 】

好適には、上記液体容器において、振動部が液体に接触する面の、液体の液面に対する傾斜の角度が、30度から60度までであってもよい。

10

【 0 0 1 9 】

好適には、上記液体容器において、圧電装置は、音響インピーダンスに基づいて液体の消費状態を検出してもよい。

【 0 0 2 0 】

好適には、上記液体容器において、圧電装置によって検出された液体の消費状態の情報を記憶する記憶手段と、圧電装置とが一体に設けられた基板を液体の液面に対し傾斜するように当該液体容器に取り付けられていてもよい。

【 0 0 2 1 】

好適には、上記液体容器において、インク滴を吐出する記録ヘッドを有するインクジェット記録装置に装着され、記録ヘッドへ供給されるインクを収容してもよい。

20

【 0 0 2 3 】

なお上記の発明の概要は、本発明の必要な特徴の全てを列挙したものではなく、これらの特徴群のサブコンビネーションも又発明となりうる。

【 0 0 2 4 】

【発明の実施の形態】

以下、発明の実施の形態を通じて本発明を説明するが、以下の実施形態はクレームにかかる発明を限定するものではなく、又実施形態の中で説明されている特徴の組み合わせの全てが発明の解決手段に必須であるとは限らない。

【 0 0 2 5 】

本発明の基本的概念は、振動現象を利用することで、液体容器内の液体の状態（液体容器内の液体の有無、液体の量、液体の水位、液体の種類、液体の組成を含む）を検出することである。具体的な振動現象を利用した液体容器内の液体の状態の検出としてはいくつかの方法が考えられる。例えば弾性波発生手段が液体容器の内部に対して弾性波を発生し、液面あるいは対向する壁によって反射する反射波を受波することで、液体容器内の媒体およびその状態の変化を検出する方法がある。また、これとは別に、振動する物体の振動特性から音響インピーダンスの変化を検知する方法もある。音響インピーダンスの変化を利用する方法としては、圧電素子を有する圧電装置またはアクチュエータの振動部を振動させ、その後に振動部に残留する残留振動によって生ずる逆起電力を測定することによって、共振周波数または逆起電力波形の振幅を検出することで音響インピーダンスの変化を検知する方法や、測定機、例えば伝送回路等のインピーダンスアナライザによって液体のインピーダンス特性またはアドミタンス特性を測定し、電流値や電圧値の変化または、振動を液体に与えたときの電流値や電圧値の周波数による変化を測定する方法がある。弾性波発生手段および圧電装置またはアクチュエータの動作原理の詳細については後述する。

30

40

【 0 0 2 6 】

図1は、本発明が適用される単色、例えばブラックインク用のインクカートリッジの一実施形態の断面図である。図1のインクカートリッジは、上記に説明した方法のうちの、弾性波の反射波を受信して液体容器内の液面の位置や液体の有無を検出する方法に基づいている。弾性波を発生しまた受信する手段として弾性波発生手段65を用いる。インクを収容する容器1には、記録装置のインク供給針に接合するインク供給口2が設けられている。容器1の底面1aの外側には、弾性波発生手段65が容器を介して内部のインクに弾性

50

波を伝達できるように取付けられている。インクKがほぼ消費されつくした段階、つまりインクニアエンドとなった時点で、弾性波の伝達がインクから気体へと変更するべく、弾性波発生手段65はインク供給口2よりも若干上方の位置に設けられている。なお、受信手段を別に設けて、弾性波発生手段65を単に発生手段として用いても良い。

【0027】

インク供給口2にはパッキン4及び弁体6が設けられている。図3に示すように、パッキン4は記録ヘッド31に連通するインク供給針32と液密に係合する。弁体6は、バネ5によってパッキン4に対して常時弾接されている。インク供給針32が挿入されると、弁体6はインク供給針32に押されてインク流路を開放し、容器1内のインクがインク供給口2およびインク供給針32を介して記録ヘッド31へ供給される。容器1の上壁の上には、インクカートリッジ内のインクに関する情報を格納した半導体記憶手段7が装着されている。

10

【0028】

図1に示した実施例においては、上下方向に斜めに形成された底面1aに、弾性波発生手段65が装着される。従って、インクが消費され、弾性波発生手段65の一部が液面から露出するようになると、弾性波発生手段65が発生した弾性波の反射波の到来時間が、液面の変化h1に対応して連続的に変化する。よって、弾性波の反射波の到来時間を検出することにより、インク残量のインクニアエンド状態からインクエンドまでの過程を正確に検出することができる。

【0029】

なお、上述の実施例においては、液体容器にインクを直接収容する形式のインクカートリッジに例を採って説明した。インクカートリッジの他の実施形態として、容器1内に多孔質弾性体を装填し、多孔質弾性体にインクを含浸させる形式のインクカートリッジに、上述の弾性波発生手段を装着してもよい。また、上述の実施例においてはたわみ振動型の圧電振動子を使用することによりカートリッジの大型化を抑えているが、縦振動型の圧電振動子を使用することも可能である。更に、上述の実施例においては、同一の弾性波発生手段により弾性波を送波し受波する。他の実施形態として、送波用と受波用とで異なった弾性波発生手段を用いて、インク残量を検出してよい。

20

【0030】

図2は、複数種類のインクを収容するインクカートリッジの一実施例を示す裏側から見た斜視図である。容器8は、隔壁により3つのインク室9、10及び11に分割される。それぞれのインク室には、インク供給口12、13及び14が形成されている。それぞれのインク室9、10及び11の底面8aには、弾性波発生手段15、16および17が、容器8を介して各インク室内に収容されているインクに弾性波を伝達できるように取付けられている。インクカートリッジの底面8aには印字時にインクの液面に対して傾斜する傾斜面1008が設けられている。その傾斜面1008に弾性波発生手段15、16および17を配備することによって、弾性波発生手段15、16および17は、インクの液面に対して傾斜する。

30

【0031】

図3は、図1に示したインクカートリッジに適したインクジェット記録装置の要部の実施形態を示す断面図である。記録用紙の幅方向に往復動可能なキャリッジ30は、サブタンクユニット33を備えていて、記録ヘッド31がサブタンクユニット33の下面に設けられている。また、インク供給針32はサブタンクユニット33のインクカートリッジ搭載面側に設けられている。

40

【0032】

図4は、弾性波発生手段65、15、16、及び17の製造方法を示す。固定基板20は、焼成可能なセラミック等の材料により形成される。まず、図4(I)に示すように、固定基板20の表面に一方の電極となる導電材料層21を形成する。次に、図4(II)に示すように、導電材料層21の表面に圧電材料のグリーンシート22を重ねる。次に、図4(III)に示すように、プレス等により所定の形状にグリーンシート22を振動子の形状

50

に成形し、自然乾燥後させた後、焼成温度、例えば1200℃で焼成する。次に、図4(IV)に示すように、他方の電極となる導電材料層23をグリーンシート22の表面に形成して、たわみ振動可能に分極する。最後に、図4(V)に示すように、固定基板20を各素子毎に切断する。固定基板20を接着剤等により容器1の所定の面に固定することで、弾性波発生手段65が、容器1の所定の面に固定されて、残量検出機能付きインクカートリッジが完成する。

【0033】

図5は、図4に示した弾性波発生手段65の他の実施形態を示す。図4の実施例においては、導電材料層21を接続電極として使用している。一方、図5の実施例においては、グリーンシート22により構成された圧電材料層の表面よりも上方の位置に、半田等により接続端子21a及び23aを形成する。接続端子21a及び23aにより、弾性波発生手段65の回路基板への直接的な実装が可能となり、リード線の引き回しが不要となる。

10

【0034】

ところで、弾性波は、気体、液体および固体を媒体として伝播することができる波の一種である。従って、媒体の変化により弾性波の波長、振幅、位相、振動数、伝播方向や伝播速度などが変化する。一方、弾性波の反射波も媒体の変化によってその波の状態や特性が異なる。従って、弾性波が伝播する媒体の変化によって変化する反射波を利用することで、その媒体の状態を知ることが可能となる。この方法によって液体容器内の液体の状態を検出する場合には、例えば弾性波送受信機を使用する。図1～図3の形態を例にとって説明すると送受信機は、はじめに媒体、例えば、液体または液体容器に弾性波を与え、その弾性波は媒体中を伝播し液体の表面に達する。液体の表面では液体と気体との境界を有するため、反射波を送受信機へ返す。送受信機は反射波を受信し、その反射波の往来時間や送信機が発生した弾性波と液体の表面が反射した反射波との振幅の減衰率などから、送信機または受信機と液体の表面との距離を測定することができる。これを利用して液体容器内の液体の状態を検出できる。弾性波発生手段65は、単体として弾性波が伝播する媒体の変化による反射波を利用する方法における送受信機として使用してもよいし、別に専用の受信機を装着してもよい。

20

【0035】

上記したように、弾性波発生手段65によって発生されインク液中を伝搬する弾性波は、インク液の密度や液面レベルによりインク液表面で生じる反射波の弾性波発生手段65への到来時間が変化する。したがって、インクの組成が一定である場合には、インク液表面で生じる反射波の到来時間がインクの量に左右される。したがって、弾性波発生手段65が弾性波を発生してからインク表面からの反射波が弾性波発生手段65に到達するまでの時間を検出することにより、インク量を検出することができる。また、弾性波は、インクに含まれている粒子を振動させるので、着色剤として顔料を使用した顔料系のインクの場合には、顔料等の沈殿を防止するのに寄与する。

30

【0036】

弾性波発生手段65を容器1に設けることにより、印刷動作やメンテナンス動作によってインクカートリッジのインクがインクエンド近くまで減少して、弾性波発生手段65によって反射波が受信できなくなった場合には、インクニアエンドであると判定してインクカートリッジの交換を促すことができる。

40

【0037】

図6は、本発明のインクカートリッジの更に他の実施例を示す。上下方向に斜めに形成された底面1aに、上下方向に間隔を設けて、複数の弾性波発生手段65a、65b及び65cが、容器1に設けられている。この実施例によれば、複数の弾性波発生手段65a、65b、及び65cのそれぞれの位置にインクが存在するか否かにより、それぞれの弾性波発生手段65a、65b、及び65cの装着位置のレベルにおける、それぞれの弾性波発生手段65a、65b及び65cへの弾性波の反射波の到来時間が異なる。したがって、各弾性波発生手段65を走査して、弾性波発生手段65a、65b及び65cにおける弾性波の反射波の到来時間を検出することにより、それぞれの弾性波発生手段65a、6

50

5 b 及び 6 5 c の装着位置のレベルにおけるインクの有無を検出することができる。したがって、インク残量を段階的に検出することができる。例えば、インク液面が弾性波発生手段 6 5 b と弾性波発生手段 6 5 c との間のレベルであるとき、弾性波発生手段 6 5 c はインク無しを検出し、一方弾性波発生手段 6 5 b 及び 6 5 a はインク有りと検出する。これらの結果を総合評価することで、インク液面が弾性波発生手段 6 5 b と弾性波発生手段 6 5 c との間に位置していることが分かる。

【 0 0 3 8 】

図 7 は、インクカートリッジのさらに他の実施形態を示す。図 7 のインクカートリッジは、液面からの反射波の強度を上げるために、板材 6 7 をフロート 6 8 に取付けてインク液面を覆っている。図 7 (A) は、上下方向に斜めに形成された底面 1 a に、弾性波発生手段 6 5 が固定される。インク残量が少なくなり、弾性波発生手段 6 5 が液面から露出すると、弾性波発生手段 6 5 が発生した弾性波の反射波の弾性波発生手段 6 5 への到来時間が変化するので、弾性波発生手段 6 5 の装着位置のレベルにおけるインクの有無が検出できる。弾性波発生手段 6 5 が、上下方向に斜めに形成された底面 1 a に装着されているので、弾性波発生手段 6 5 がインク無しと検出した後でも、インクが容器 1 内に多少残されていることから、インクニアエンド時点のインク残量を検出することができる。

【 0 0 3 9 】

図 7 (B) は、上下方向に斜めに形成された底面 1 a に、上下方向に間隔を設けて、複数の弾性波発生手段 6 5 a 、 6 5 b 及び 6 5 c が、容器 1 に設けられている。図 7 (B) の実施例によれば、複数の弾性波発生手段 6 5 a 、 6 5 b 、 及び 6 5 c のそれぞれの位置にインクが存在するか否かにより、それぞれの弾性波発生手段 6 5 a 、 6 5 b 及び 6 5 c の装着位置のレベルにおける反射波の弾性波発生手段 6 5 a 、 6 5 b 及び 6 5 c への到来時間が異なる。したがって、各弾性波発生手段 6 5 を走査して、各弾性波発生手段における反射波の到来時間を検出することにより、それぞれの弾性波発生手段 6 5 a 、 6 5 b 及び 6 5 c の装着位置のレベルにおけるインクの有無を検出することができる。例えば、インク液面が、弾性波発生手段 6 5 b と弾性波発生手段 6 5 c との間のレベルであるとき、弾性波発生手段 6 5 c はインク無しを検出し、一方弾性波発生手段 6 5 b 及び 6 5 a はインク有りと検出する。これらの結果を総合評価することで、インク液面が弾性波発生手段 6 5 b と弾性波発生手段 6 5 c との間に位置していることが分かる。

【 0 0 4 0 】

図 8 および図 9 は、圧電装置の一実施形態であるアクチュエータ 1 0 6 の詳細および等価回路を示す。ここでいうアクチュエータは、少なくとも音響インピーダンスの変化を検知して液体容器内の液体の消費状態を検出する方法に用いられる。特に、残留振動により共振周波数の検出することで、少なくとも音響インピーダンスの変化を検知して液体容器内の液体の消費状態を検出する方法に用いられる。図 8 (A) は、アクチュエータ 1 0 6 の拡大平面図である。図 8 (B) は、アクチュエータ 1 0 6 の B - B 断面を示す。図 8 (C) は、アクチュエータ 1 0 6 の C - C 断面を示す。さらに図 9 (A) および図 9 (B) は、アクチュエータ 1 0 6 の等価回路を示す。また、図 9 (C) および図 9 (D) は、それぞれインクカートリッジ内にインクが満たされているときのアクチュエータ 1 0 6 を含む周辺およびその等価回路を示し、図 9 (E) および図 9 (F) は、それぞれインクカートリッジ内にインクが無いときのアクチュエータ 1 0 6 を含む周辺およびその等価回路を示す。

【 0 0 4 1 】

アクチュエータ 1 0 6 は、そのほぼ中央に円形状の開口 1 6 1 を有する基板 1 7 8 と、開口 1 6 1 を被覆するように基板 1 7 8 の一方の面 (以下、表面という) に配備される振動板 1 7 6 と、振動板 1 7 6 の表面の側に配置される圧電層 1 6 0 と、圧電層 1 6 0 を両方からはさみこむ上部電極 1 6 4 および下部電極 1 6 6 と、上部電極 1 6 4 と電氣的に結合する上部電極端子 1 6 8 と、下部電極 1 6 6 と電氣的に結合する下部電極端子 1 7 0 と、上部電極 1 6 4 および上部電極端子 1 6 8 の間に配設され、かつ両者を電氣的に結合する補助電極 1 7 2 と、を有する。圧電層 1 6 0 、上部電極 1 6 4 および下部電極 1 6 6 はそ

10

20

30

40

50

れぞれの主要部として円形部分を有する。圧電層 160、上部電極 164 および下部電極 166 のそれぞれの円形部分は圧電素子を形成する。

【0042】

振動板 176 は、基板 178 の表面に、開口 161 を覆うように形成される。キャビティ 162 は、振動板 176 の開口 161 と面する部分と基板 178 の表面の開口 161 とによって形成される。基板 178 の圧電素子とは反対側の面（以下、裏面という）は液体容器側に面しており、キャビティ 162 は液体と接触するように構成されている。キャビティ 162 内に液体が入っても基板 178 の表面側に液体が漏れないように、振動板 176 は基板 178 に対して液密に取り付けられる。

【0043】

下部電極 166 は振動板 176 の表面、即ち液体容器とは反対側の面に位置しており、下部電極 166 の主要部である円形部分の中心と開口 161 の中心とがほぼ一致するように取り付けられている。なお、下部電極 166 の円形部分の面積が開口 161 の面積よりも小さくなるように設定されている。一方、下部電極 166 の表面側には、圧電層 160 が、その円形部分の中心と開口 161 の中心とがほぼ一致するように形成されている。圧電層 160 の円形部分の面積は、開口 161 の面積よりも小さく、かつ下部電極 166 の円形部分の面積よりも大きくなるように設定されている。

【0044】

一方、圧電層 160 の表面側には、上部電極 164 が、その主要部である円形部分の中心と開口 161 の中心とがほぼ一致するように形成される。上部電極 164 の円形部分の面積は、開口 161 および圧電層 160 の円形部分の面積よりも小さく、かつ下部電極 166 の円形部分の面積よりも大きくなるよう設定されている。

【0045】

したがって、圧電層 160 の主要部は、上部電極 164 の主要部と下部電極 166 の主要部とによって、それぞれ表面側と裏面側とから挟みこまれる構造となっていて、圧電層 160 を効果的に変形駆動することができる。圧電層 160、上部電極 164 および下部電極 166 のそれぞれの主要部である円形部分がアクチュエータ 106 における圧電素子を形成する。上述のように圧電素子は振動板 176 に接している。また、上部電極 164 の円形部分、圧電層 160 の円形部分、下部電極 166 の円形部分および開口 161 のうちで、面積が最も大きいのは開口 161 である。この構造によって、振動板 176 のうち実際に振動する振動領域は、開口 161 によって決定される。また、上部電極 164 の円形部分、圧電層 160 の円形部分および下部電極 166 の円形部分は開口 161 より面積が小さいので、振動板 176 がより振動しやすくなる。さらに、圧電層 160 と電氣的に接続する下部電極 166 の円形部分および上部電極 164 の円形部分のうち、下部電極 166 の円形部分の方が小さい。従って、下部端子 166 の円形部分が圧電層 160 のうち圧電効果を発生する部分を決定する。

【0046】

上部電極端子 168 は、補助電極 172 を介して上部電極 164 と電氣的に接続するように振動板 176 の表面側に形成される。一方、下部電極端子 170 は、下部電極 166 に電氣的に接続するように振動板 176 の表面側に形成される。上部電極 164 は、圧電層 160 の表面側に形成されるため、上部電極端子 168 と接続する途中において、圧電層 160 の厚さと下部電極 166 の厚さとの和に等しい段差を有する必要がある。上部電極 164 だけでこの段差を形成することは難しく、かりに可能であったとしても上部電極 164 と上部電極端子 168 との接続状態が弱くなってしまい、切断してしまう危険がある。そこで、補助電極 172 を補助部材として用いて上部電極 164 と上部電極端子 168 とを接続させている。このようにすることで、圧電層 160 も上部電極 164 も補助電極 172 に支持された構造となり、所望の機械的強度を得ることができ、また上部電極 164 と上部電極端子 168 との接続を確実にすることが可能となる。

【0047】

なお、圧電素子と振動板 176 のうちの圧電素子に直面する振動領域とが、アクチュエー

10

20

30

40

50

タ１０６において実際に振動する振動部である。また、アクチュエータ１０６に含まれる部材は、互いに焼成されることによって一体的に形成されることが好ましい。アクチュエータ１０６を一体的に形成することによって、アクチュエータ１０６の取り扱いが容易になる。さらに、基板１７８の強度を高めることによって振動特性が向上する。即ち、基板１７８の強度を高めることによって、アクチュエータ１０６の振動部のみが振動し、アクチュエータ１０６のうち振動部以外の部分が振動しない。また、アクチュエータ１０６の振動部以外の部分が振動しないためには、基板１７８の強度を高めるのに対し、アクチュエータ１０６の圧電素子を薄くかつ小さくし、振動板１７６を薄くすることによって達成できる。

【００４８】

圧電層１６０の材料としては、ジルコン酸チタン酸鉛（ＰＺＴ）、ジルコン酸チタン酸鉛ランタン（ＰＬＺＴ）または鉛を使用しない鉛レス圧電膜を用いることが好ましく、基板１７８の材料としてジルコニアまたはアルミナを用いることが好ましい。また、振動板１７６には、基板１７８と同じ材料を用いることが好ましい。上部電極１６４、下部電極１６６、上部電極端子１６８および下部電極端子１７０は、導電性を有する材料、例えば、金、銀、銅、プラチナ、アルミニウム、ニッケルなどの金属を用いることができる。

【００４９】

上述したように構成されるアクチュエータ１０６は、液体を収容する容器に適用することができる。例えば、インクジェット記録装置に用いられるインクカートリッジやインクタンク、あるいは記録ヘッドを洗浄するための洗浄液を収容した容器などに装着することができる。

【００５０】

図８および図９に示されるアクチュエータ１０６は、液体容器の所定の場所に、キャピティ１６２を液体容器内に収容される液体と接触するように装着される。液体容器に液体が十分に収容されている場合には、キャピティ１６２内およびその外側は液体によって満たされている。一方、液体容器の液体が消費され、アクチュエータの装着位置以下まで液面が降下すると、キャピティ１６２内には液体は存在しないか、あるいはキャピティ１６２内にのみ液体が残存されその外側には気体が存在する状態となる。アクチュエータ１０６はこの状態の変化に起因する、少なくとも音響インピーダンスの相違を検出する。それによって、アクチュエータ１０６は、液体容器に液体が十分に収容されている状態であるか、あるいはある一定以上液体が消費された状態であるかを検知することができる。さらに、アクチュエータ１０６は、液体容器内の液体の種類も検出することが可能である。

【００５１】

ここでアクチュエータによる液面検出の原理について説明する。

【００５２】

媒体の音響インピーダンスの変化を検出するには、媒体のインピーダンス特性またはアドミッタンス特性を測定する。インピーダンス特性またはアドミッタンス特性を測定する場合には、例えば伝送回路を利用することができる。伝送回路は、媒体に一定電圧を印加し、周波数を変えて媒体に流れる電流を測定する。または、伝送回路は、媒体に一定電流を供給し、周波数を変えて媒体に印加される電圧を測定する。伝送回路で測定された電流値または電圧値の変化は音響インピーダンスの変化を示す。また、電流値または電圧値が極大または極小となる周波数 f_m の変化も音響インピーダンスの変化を示す。

【００５３】

上記の方法とは別に、アクチュエータは、液体の音響インピーダンスの変化を共振周波数のみの変化を用いて検出することができる。液体の音響インピーダンスの変化を利用する方法として、アクチュエータの振動部が振動した後に振動部に残留する残留振動によって生ずる逆起電力を測定することによって共振周波数を検出する方法を用いる場合には、例えば圧電素子を利用することができる。圧電素子は、アクチュエータの振動部に残留する残留振動により逆起電力を発生する素子であり、アクチュエータの振動部の振幅によって逆起電力の大きさが変化する。従って、アクチュエータの振動部の振幅が大きいほど検出

10

20

30

40

50

がしやすい。また、アクチュエータの振動部における残留振動の周波数によって逆起電力の大きさが変化する周期が変わる。従って、アクチュエータの振動部の周波数は逆起電力の周波数に対応する。ここで、共振周波数は、アクチュエータの振動部と振動部に接する媒体との共振状態における周波数をいう。

【0054】

共振周波数 f_s を得るために、振動部と媒体とが共振状態であるときの逆起電力測定によって得られた波形をフーリエ変換する。アクチュエータの振動は、一方向だけの変形ではなく、たわみや伸長等様々な変形をとまなうので、共振周波数 f_s を含め様々な周波数を有する。よって、圧電素子と媒体とが共振状態であるときの逆起電力の波形をフーリエ変換し、最も支配的な周波数成分を特定することで、共振周波数 f_s を判断する。

10

【0055】

周波数 f_m は、媒体のアドミッタンスが極大またはインピーダンスが極小であるときの周波数である。共振周波数 f_s とすると、周波数 f_m は、媒体の誘電損失または機械的損失などによって、共振周波数 f_s に対しわずかな誤差を生ずる。しかし、実測される周波数 f_m から共振周波数 f_s を導出することは手間がかかるため、一般には、周波数 f_m を共振周波数に代えて使用する。ここで、アクチュエータ 106 の出力を伝送回路に入力することで、アクチュエータ 106 は少なくとも音響インピーダンスを検出することができる。

【0056】

媒体のインピーダンス特性またはアドミッタンス特性を測定し周波数 f_m を測定する方法と、アクチュエータの振動部における残留振動振動によって生ずる逆起電力を測定することによって共振周波数 f_s を測定する方法と、によって特定される共振周波数に差がほとんど無いことが実験によって証明されている。

20

【0057】

アクチュエータ 106 の振動領域は、振動板 176 のうち開口 161 によって決定されるキャビティ 162 を構成する部分である。液体容器内に液体が十分に収容されている場合には、キャビティ 162 内には、液体が満たされ、振動領域は液体容器内の液体と接触する。一方で、液体容器内に液体が充分にない場合には、振動領域は液体容器内のキャビティに残った液体と接するか、あるいは液体と接触せず、気体または真空と接触する。

【0058】

30

本発明のアクチュエータ 106 にはキャビティ 162 が設けられ、それによって、アクチュエータ 106 の振動領域に液体容器内の液体が残るように設計できる。その理由は次の通りである。

【0059】

アクチュエータの液体容器への取り付け位置や取り付け角度によっては、液体容器内の液体の液面がアクチュエータの装着位置よりも下方にあるにもかかわらず、アクチュエータの振動領域に液体が付着してしまう場合がある。振動領域における液体の有無だけでアクチュエータが液体の有無を検出している場合には、アクチュエータの振動領域に付着した液体が液体の有無の正確な検出を妨げる。たとえば、液面がアクチュエータの装着位置よりも下方にある状態のとき、キャリッジの往復移動などにより液体容器が揺動して液体が波うち、振動領域に液滴が付着してしまうと、アクチュエータは液体容器内に液体が充分にあるとの誤った判断をしてしまう。そこで、逆にそこに液体を残存した場合であっても液体の有無を正確に検出するように設計されたキャビティを積極的に設けることで、液体容器が揺動して液面が波立ったとしても、アクチュエータの誤動作を防止することができる。このように、キャビティを有するアクチュエータを用いることで、誤動作を防ぐことができる。

40

また、図 9 (E) に示すように、液体容器内に液体が無く、アクチュエータ 106 のキャビティ 162 に液体容器内の液体が残っている場合を、液体の有無の閾値とする。すなわち、キャビティ 162 の周辺に液体が無く、この閾値よりキャビティ内の液体が少ない場合は、インク無しと判断し、キャビティ 162 の周辺に液体が有り、この閾値より液体が

50

多い場合は、インク有りと判断する。例えば、アクチュエータ 106 を液体容器の側壁に装着した場合、液体容器内の液体がアクチュエータの装着位置よりも下にある場合をインク無しと判断し、液体容器内の液体がアクチュエータの装着位置より上にある場合をインク有りと判断する。このように閾値を設定することによって、キャピティ内のインクが乾燥してインクが無くなったときであってもインク無しと判断し、キャピティ内のインクが無くなったところにキャリッジの揺れなどで再度インクがキャピティに付着しても閾値を越えないので、インク無しと判断することができる。

【0060】

ここで、図 8 および図 9 を参照しながら逆起電力の測定による媒体とアクチュエータ 106 の振動部との共振周波数から液体容器内の液体の状態を検出する動作および原理について説明する。アクチュエータ 106 において、上部電極端子 168 および下部電極端子 170 を介して、それぞれ上部電極 164 および下部電極 166 に電圧を印加する。圧電層 160 のうち、上部電極 164 および下部電極 166 に挟まれた部分には電界が生じる。その電界によって、圧電層 160 は変形する。圧電層 160 が変形することによって振動板 176 のうちの振動領域がたわみ振動する。圧電層 160 が変形した後しばらくは、たわみ振動がアクチュエータ 106 の振動部に残留する。

【0061】

残留振動は、アクチュエータ 106 の振動部と媒体との自由振動である。従って、圧電層 160 に印加する電圧をパルス波形あるいは矩形波とすることで、電圧を印加した後に振動部と媒体との共振状態を容易に得ることができる。残留振動は、アクチュエータ 106 の振動部を振動させるため、圧電層 160 をも変形する。従って、圧電層 160 は逆起電力を発生する。その逆起電力は、上部電極 164、下部電極 166、上部電極端子 168 および下部電極端子 170 を介して検出される。検出された逆起電力によって、共振周波数が特定できるため、液体容器内の液体の状態を検出することができる。

【0062】

一般に、共振周波数 f_s は、

$$f_s = 1 / (2 * \pi * (M * C_{act})^{1/2}) \quad (式1)$$

で表される。ここで、 M は振動部のイナータンス M_{act} と付加イナータンス M' との和である。 C_{act} は振動部のコンプライアンスである。

【0063】

図 8 (C) は、本実施例において、キャピティにインクが残存していないときのアクチュエータ 106 の断面図である。図 9 (A) および図 9 (B) は、キャピティにインクが残存していないときのアクチュエータ 106 の振動部およびキャピティ 162 の等価回路である。

【0064】

M_{act} は、振動部の厚さと振動部の密度との積を振動部の面積で除したものであり、さらに詳細には、図 9 (A) に示すように、

$$M_{act} = M_{pzt} + M_{electrode1} + M_{electrode2} + M_{vib} \quad (式2)$$

と表される。ここで、 M_{pzt} は、振動部における圧電層 160 の厚さと圧電層 160 の密度との積を圧電層 160 の面積で除したものである。 $M_{electrode1}$ は、振動部における上部電極 164 の厚さと上部電極 164 の密度との積を上部電極 164 の面積で除したものである。 $M_{electrode2}$ は、振動部における下部電極 166 の厚さと下部電極 166 の密度との積を下部電極 166 の面積で除したものである。 M_{vib} は、振動部における振動板 176 の厚さと振動板 176 の密度との積を振動板 176 の振動領域の面積で除したものである。ただし、 M_{act} を振動部全体としての厚さ、密度および面積から算出することができるように、本実施例では、圧電層 160、上部電極 164、下部電極 166 および振動板 176 の振動領域のそれぞれの面積は、上述のような大小関係を有するものの、相互の面積の差は微小であることが好ましい。また、本実施例において、圧電層 160、上部電極 164 および下部電極 166 においては、それらの主要部である円形部分以外の部分は、主要部に対して無視できるほど微小であることが好ましい。従って、アクチュエータ 1

10

20

30

40

50

06において、 M_{act} は、上部電極164、下部電極166、圧電層160および振動板176のうちの振動領域のそれぞれのイナータンスの和である。また、コンプライアンス C_{act} は、上部電極164、下部電極166、圧電層160および振動板176のうちの振動領域によって形成される部分のコンプライアンスである。

【0065】

尚、図9(A)、図9(B)、図9(D)、図9(F)は、アクチュエータ106の振動部およびキャピティ162の等価回路を示すが、これらの等価回路において、 C_{act} はアクチュエータ106の振動部のコンプライアンスを示す。 C_{pzt} 、 $C_{electrode1}$ 、 $C_{electrode2}$ および C_{cav} はそれぞれ振動部における圧電層160、上部電極164、下部電極166および振動板176のコンプライアンスを示す。 C_{act} は、以下の式3で表される。

10

【0066】

$$1/C_{act} = (1/C_{pzt}) + (1/C_{electrode1}) + (1/C_{electrode2}) + (1/C_{cav}) \quad (式3)$$

式2および式3より、図9(A)は、図9(B)のように表すこともできる。

【0067】

コンプライアンス C_{act} は、振動部の単位面積に圧力をかけたときの変形によって媒体を受容できる体積を表す。また、コンプライアンス C_{act} は、変形のし易さを表すといってもよい。

【0068】

図9(C)は、液体容器に液体が十分に収容され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が満たされている場合のアクチュエータ106の断面図を示す。図9(C)の M'_{max} は、液体容器に液体が十分に収容され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が満たされている場合の付加イナータンスの最大値を表す M'_{max} は、

20

【0069】

$$M'_{max} = (\rho / (2 \cdot k^3)) \cdot (2 \cdot (2 \cdot k \cdot a)^3 / (3 \cdot \rho)) / (\rho \cdot a^2)^2 \quad (式4)$$

(a は振動部の半径、 ρ は媒体の密度、 k は波数である。)

【0070】

で表される。尚、式4は、アクチュエータ106の振動領域が半径 a の円形である場合に成立する。付加イナータンス M' は、振動部の付近にある媒体の作用によって、振動部の質量が見かけ上増加していることを示す量である。式4からわかるように、 M'_{max} は振動部の半径 a と、媒体の密度とによって大きく変化する。

30

【0071】

波数 k は、

$$k = 2 \cdot \pi \cdot f_{act} / c \quad (式5)$$

(f_{act} は液体が触れていないときの振動部の共振周波数である。 c は媒体中を伝播する音響の速度である。)で表される。

【0072】

図9(D)は、液体容器に液体が十分に収容され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が満たされている図9(C)の場合のアクチュエータ106の振動部およびキャピティ162の等価回路を示す。

40

【0073】

図9(E)は、液体容器の液体が消費され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が無いものの、アクチュエータ106のキャピティ162内には液体が残存している場合のアクチュエータ106の断面図を示す。尚、式4は、例えば、液体容器に液体が満たされている場合に、インクの密度などから決定される最大のイナータンス M'_{max} を表す式である。一方、液体容器内の液体が消費され、キャピティ162内に液体が残留しつつアクチュエータ106の振動領域の周辺にある液体が気体または真空になった場合には、

【0074】

$$M' = \rho \cdot t / S \quad (式6)$$

50

と表せる。 t は、振動にかかわる媒体の厚さである。 S は、アクチュエータ106の振動領域の面積である。この振動領域が半径 a の円形の場合は、 $S = \pi a^2$ である。従って、付加イナータンス M' は、液体容器に液体が十分に収容され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が満たされている場合には、式4に従う。一方で、液体が消費され、キャピティ162内に液体が残留しつつアクチュエータ106の振動領域の周辺にある液体が気体または真空になった場合には、式6に従う。

【0075】

ここで、図9(E)のように、液体容器の液体が消費され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が無いものの、アクチュエータ106のキャピティ162内には液体が残存している場合の付加イナータンス M' を便宜的に M'_{cav} とし、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が満たされている場合の付加イナータンス M'_{max} と区別する。

10

【0076】

図9(F)は、液体容器の液体が消費され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が無いものの、アクチュエータ106のキャピティ162内には液体が残存している図9(E)の場合のアクチュエータ106の振動部およびキャピティ162の等価回路を示す。

【0077】

ここで、媒体の状態に関するパラメータは、式6において、媒体の密度および媒体の厚さ t である。液体容器内に液体が十分に収容されている場合は、アクチュエータ106の振動部に液体が接触し、液体容器内に液体が十分に収容されていない場合は、キャピティ内部に液体が残存するか、もしくはアクチュエータ106の振動部に気体または真空が接触する。アクチュエータ106の周辺の液体が消費され、図9(C)の M'_{max} から図9(E)の M'_{cav} へ移行する過程における付加イナータンスを M'_{var} とすると、液体容器内の液体の収容状態によって、媒体の厚さ t が変化するため、付加イナータンス M'_{var} が変化し、共振周波数 f_s も変化することになる。従って、共振周波数 f_s を特定することによって、液体容器内の液体の有無を検出することができる。ここで、図9(E)に示すように $t = d$ とした場合、式6を用いて M'_{cav} を表すと、式6の t にキャピティの深さ d を代入し、

20

【0078】

$M'_{cav} = \rho d / S$ (式7)

30

となる。

【0079】

また、媒体が互いに種類の異なる液体であっても、組成の違いによって密度が異なるため、付加イナータンス M' が変化し、共振周波数 f_s も変化する。従って、共振周波数 f_s を特定することで、液体の種類を検出できる。尚、アクチュエータ106の振動部にインクまたは空気のいずれか一方のみが接触し、混在していない場合には、式4によって計算しても、 M' の相違を検出できる。

【0080】

図10(A)は、インクタンク内のインクの量とインクおよび振動部の共振周波数 f_s との関係を示すグラフである。ここでは液体の1例としてインクについて説明する。縦軸は、共振周波数 f_s を示し、横軸は、インク量を示す。インク組成が一定であるとき、インク残量の低下に伴い、共振周波数 f_s は、上昇する。

40

【0081】

インク容器にインクが十分に収容され、アクチュエータ106の振動領域の周辺にインクが満たされている場合には、その最大付加イナータンス M'_{max} は式4に表わされる値となる。一方で、インクが消費され、キャピティ162内に液体が残留しつつアクチュエータ106の振動領域の周辺にインクが満たされていない時には、付加イナータンス M'_{var} は、媒体の厚さ t に基づいて式6によって算出される。式6中の t は振動にかかわる媒体の厚さであるから、アクチュエータ106のキャピティ162の d (図8(B)参照)を

50

小さく、即ち、基板 178 を十分に薄くすることによって、インクが徐々に消費されていく過程を検出することもできる（図 9（C）参照）。ここで、 t_{ink} は振動にかかわるインクの厚さとし、 $t_{ink-max}$ は M'_{max} における t_{ink} とする。例えば、インクカートリッジの底面にアクチュエータ 106 をインクの液面に対してほぼ水平に配備する。インクが消費され、インクの液面がアクチュエータ 106 から $t_{ink-max}$ の高さ以下に達すると、式 6 により M'_{var} が徐々に変化し、式 1 により共振周波数 f_s が徐々に変化する。従って、インクの液面が t の範囲内にある限り、アクチュエータ 106 はインクの消費状態を徐々に検出することができる。

【0082】

また、アクチュエータ 106 の振動領域を大きくまたは長くし、かつ縦に配置することによってインクの消費による液面の位置にしたがって、式 6 中の S が変化する。従って、アクチュエータ 106 はインクが徐々に消費されていく過程を検出することもできる。例えば、インクカートリッジの側壁にアクチュエータ 106 をインクの液面に対してほぼ垂直に配備する。インクが消費され、インクの液面がアクチュエータ 106 の振動領域に達すると、水位の低下に伴い付加イナータンス M' が減少するので、式 1 により共振周波数 f_s が徐々に変化する。従って、インクの液面が、キャピティ 162 の径 $2a$ （図 9（C）参照）の範囲内にある限り、アクチュエータ 106 はインクの消費状態を徐々に検出することができる。

【0083】

図 10（A）の曲線 X は、アクチュエータ 106 のキャピティ 162 を十分に浅くした場合や、アクチュエータ 106 の振動領域を十分に大きくまたは長くした場合のインクタンク内に収容されたインクの量とインクおよび振動部の共振周波数 f_s との関係を表わしている。インクタンク内のインクの量が減少するとともに、インクおよび振動部の共振周波数 f_s が徐々に変化していく様子が理解できる。

【0084】

より詳細には、インクが徐々に消費されていく過程を検出することができる場合とは、アクチュエータ 106 の振動領域の周辺において、互いに密度が異なる液体と気体とがともに存在し、かつ振動にかかわる場合である。インクが徐々に消費されていくに従って、アクチュエータ 106 の振動領域周辺において振動にかかわる媒体は、液体が減少する一方で気体が増加する。例えば、アクチュエータ 106 をインクの液面に対して水平に配備した場合であって、 t_{ink} が $t_{ink-max}$ より小さいときには、アクチュエータ 106 の振動にかかわる媒体はインクと気体との両方を含む。したがって、アクチュエータ 106 の振動領域の面積 S とすると、式 4 の M'_{max} 以下になった状態をインクと気体の付加質量を用いて表すと、

【0085】

$$M' = M'_{air} + M'_{ink} = \rho_{air} \cdot t_{air} / S + \rho_{ink} \cdot t_{ink} / S \quad (\text{式 8})$$

となる。ここで、 M'_{air} は空気のイナータンスであり、 M'_{ink} はインクのイナータンスである。 ρ_{air} は空気の密度であり、 ρ_{ink} はインクの密度である。 t_{air} は振動にかかわる空気の厚さであり、 t_{ink} は振動にかかわるインクの厚さである。アクチュエータ 106 の振動領域周辺における振動にかかわる媒体のうち、液体が減少して気体が増加するに従い、アクチュエータ 106 がインクの液面に対しほぼ水平に配備されている場合には、 t_{air} が増加し、 t_{ink} が減少する。それによって、 M'_{var} が徐々に減少し、共振周波数が徐々に増加する。よって、インクタンク内に残存しているインクの量またはインクの消費量を検出することができる。尚、式 7 において液体の密度のみの式となっているのは、液体の密度に対して、空気の密度が無視できるほど小さい場合を想定しているからである。

【0086】

アクチュエータ 106 がインクの液面に対しほぼ垂直に配備されている場合には、アクチュエータ 106 の振動領域のうち、アクチュエータ 106 の振動にかかわる媒体がインクのみ領域と、アクチュエータ 106 の振動にかかわる媒体が気体の領域との並列の等価

10

20

30

40

50

回路（図示せず）と考えられる。アクチュエータ 106 の振動にかかわる媒体がインクのみ領域の面積を S_{ink} とし、アクチュエータ 106 の振動にかかわる媒体が気体のみの領域の面積を S_{air} とすると、

【0087】

$$1/M' = 1/M'_{air} + 1/M'_{ink} = S_{air}/(t_{air}) + S_{ink}/(t_{ink}) \quad (\text{式 9})$$

となる。

【0088】

尚、式 9 は、アクチュエータ 106 のキャピティにインクが保持されない場合に適用される。アクチュエータ 106 のキャピティにインクが保持される場合については、式 7、式 8 および式 9 によって計算することができる。

【0089】

一方、基板 178 が厚く、即ち、キャピティ 162 の深さ d が深く、 d が媒体の厚さ $t_{ink-max}$ に比較的近い場合や、液体容器の高さに比して振動領域が非常に小さいアクチュエータを用いる場合には、実際上はインクが徐々に減少する過程を検出するというよりはインクの液面がアクチュエータの装着位置より上位置か下位置かを検出することになる。換言すると、アクチュエータの振動領域におけるインクの有無を検出することになる。例えば、図 10 (A) の曲線 Y は、小さい円形の振動領域の場合におけるインクタンク内のインクの量とインクおよび振動部の共振周波数 f_s との関係を示す。インクタンク内のインクの液面がアクチュエータの装着位置を通過する前後におけるインク量 Q の間で、インクおよび振動部の共振周波数 f_s が激しく変化している様子が示される。このことから、インクタンク内にインクが所定量残存しているか否かを検出することができる。

【0090】

図 10 (B) は、図 10 (A) の曲線 Y におけるインクの密度とインクおよび振動部の共振周波数 f_s との関係を示す。液体の例としてインクを挙げている。図 10 (B) に示すように、インク密度が高くなると、付加イナータンスが大きくなるので共振周波数 f_s が低下する。すなわち、インクの種類によって共振周波数 f_s が異なる。したがって共振周波数 f_s を測定することによって、インクを再充填する際に、密度の異なったインクが混入されていないか確認することができる。つまり、互いに種類の異なるインクを収容するインクタンクを識別できる。

【0091】

続いて、液体容器内の液体が空の状態であってもアクチュエータ 106 のキャピティ 162 内に液体が残存するようにキャピティのサイズと形状を設定した時の、液体の状態を正確に検出できる条件を詳述する。アクチュエータ 106 は、キャピティ 162 内に液体が満たされている場合に液体の状態を検出できれば、キャピティ 162 内に液体が満たされていない場合であっても液体の状態を検出できる。

【0092】

共振周波数 f_s は、イナータンス M の関数である。イナータンス M は、振動部のイナータンス M_{act} と付加イナータンス M' との和である。ここで、付加イナータンス M' が液体の状態と関係する。付加イナータンス M' は、振動部の付近にある媒体の作用によって振動部の質量が見かけ上増加していることを示す量である。即ち、振動部の振動によって見かけ上媒体を吸収することによる振動部の質量の増加分をいう。

【0093】

従って、 M'_{cav} が式 4 における M'_{max} よりも大きい場合には、見かけ上吸収する媒体は全てキャピティ 162 内に残存する液体である。よって、液体容器内に液体が満たされている状態と同じである。この場合には M' が変化しないので、共振周波数 f_s も変化しない。従って、アクチュエータ 106 は、液体容器内の液体の状態を検出できないことになる。

【0094】

一方、 M'_{cav} が式 4 における M'_{max} よりも小さい場合には、見かけ上吸収する媒体はキ

10

20

30

40

50

ャビティ 1 6 2 内に残存する液体および液体容器内の気体または真空である。このときには液体容器内に液体が満たされている状態とは異なり M' が変化するので、共振周波数 f_s が変化する。従って、アクチュエータ 1 0 6 は、液体容器内の液体の状態を検出できる。

【 0 0 9 5 】

即ち、液体容器内の液体が空の状態、アクチュエータ 1 0 6 のキャビティ 1 6 2 内に液体が残存する場合に、アクチュエータ 1 0 6 が液体の状態を正確に検出できる条件は、 M'_{cav} が M'_{max} よりも小さいことである。尚、アクチュエータ 1 0 6 が液体の状態を正確に検出できる条件 $M'_{max} > M'_{cav}$ は、キャビティ 1 6 2 の形状にかかわらない。

【 0 0 9 6 】

ここで、 M'_{cav} は、キャビティ 1 6 2 の容量とほぼ等しい容量の液体の質量である。従って、 $M'_{max} > M'_{cav}$ の不等式から、アクチュエータ 1 0 6 が液体の状態を正確に検出できる条件は、キャビティ 1 6 2 の容量の条件として表すことができる。例えば、円形状のキャビティ 1 6 2 の開口 1 6 1 の半径を a とし、およびキャビティ 1 6 2 の深さを d とすると、

【 0 0 9 7 】

$$M'_{max} > \rho \cdot d / a^2 \quad (\text{式 1 0})$$

である。式 1 0 を展開すると

【 0 0 9 8 】

$$a / d > 3 \cdot \sqrt{\rho} / 8 \quad (\text{式 1 1})$$

という条件が求められる。尚、式 1 0、式 1 1 は、キャビティ 1 6 2 の形状が円形の場合に限り成立する。円形でない場合の M'_{max} の式を用い、式 1 0 中の a^2 をその面積と置き換えて計算すれば、キャビティの幅および長さ等のディメンジョンと深さの関係が導き出せる。

【 0 0 9 9 】

従って、式 1 1 を満たす開口 1 6 1 の半径 a およびキャビティ 1 6 2 の深さ d であるキャビティ 1 6 2 を有するアクチュエータ 1 0 6 であれば、液体容器内の液体が空の状態であって、かつキャビティ 1 6 2 内に液体が残存する場合であっても、誤作動することなく液体の状態を検出できる。

【 0 1 0 0 】

付加イナータンス M' は音響インピーダンス特性にも影響するので、残留振動によりアクチュエータ 1 0 6 に発生する逆起電力を測定する方法は、少なくとも音響インピーダンスの変化を検出しているともいえる。

【 0 1 0 1 】

また、本実施例によれば、アクチュエータ 1 0 6 が振動を発生してその後の残留振動によりアクチュエータ 1 0 6 に発生する逆起電力を測定している。しかし、アクチュエータ 1 0 6 の振動部が駆動電圧による自らの振動によって液体に振動を与えることは必ずしも必要ではない。即ち、振動部が自ら発振しなくても、それと接触しているある範囲の液体と共に振動することで、圧電層 1 6 0 がたわみ変形する。この残留振動が圧電層 1 6 0 に逆起電力電圧を発生させ、上部電極 1 6 4 および下部電極 1 6 6 にその逆起電力電圧を伝達する。この現象を利用することで媒体の状態を検出してもよい。例えば、インクジェット記録装置において、印字時における記録ヘッドの走査によるキャリッジの往復運動による振動によって発生するアクチュエータの振動部の周囲の振動を利用してインクタンクまたはその内部のインクの状態を検出してもよい。

【 0 1 0 2 】

図 1 1 (A) ないし図 1 1 (C) は、アクチュエータ 1 0 6 を振動させた後の、アクチュエータ 1 0 6 の残留振動の波形と残留振動の測定方法とを示す。インクカートリッジ内のアクチュエータ 1 0 6 の装着位置レベルにおけるインク水位の上下は、アクチュエータ 1 0 6 が発振した後の残留振動の周波数変化や、振幅の変化によって検出することができる。図 1 1 (A) および図 1 1 (C) において、縦軸はアクチュエータ 1 0 6 の残留振動に

10

20

30

40

50

よって発生した逆起電力の電圧を示し、横軸は時間を示す。アクチュエータ 106 の残留振動によって、図 11 (A) および図 11 (C) に示すように電圧のアナログ信号の波形が発生する。次に、アナログ信号を、信号の周波数に対応するデジタル数値に変換する。

【0103】

図 11 (A) および図 11 (C) に示した例においては、アナログ信号の 4 パルス目から 8 パルス目までの 4 個のパルスが生じる時間を計測することによって、インクの有無を検出する。

【0104】

より詳細には、アクチュエータ 106 が発振した後、予め設定された所定の基準電圧を低電圧側から高電圧側へ横切る回数をカウントする。デジタル信号を 4 カウントから 8 カウ
10
ントまでの間を High とし、所定のクロックパルスによって 4 カウントから 8 カウント

【0105】

図 11 (A) はアクチュエータ 106 の装着位置レベルよりも上位にインク液面があるときの波形である。一方、図 11 (C) はアクチュエータ 106 の装着位置レベルにおいてインクが無いときの波形である。図 11 (A) と図 11 (C) とを比較すると、図 11 (A) の方が図 11 (C) よりも 4 カウントから 8 カウントまでの時間が長いことがわかる。換言すると、インクの有無によって 4 カウントから 8 カウントまでの時間が異なる。この時間の相違を利用して、インクの消費状態を検出することができる。アナログ波形の 4
20
カウント目から数えるのは、アクチュエータ 106 の振動が安定してから計測をはじめるためである。4 カウント目からとしたのは単なる一例であって、任意のカウントから数えてもよい。ここでは、4 カウント目から 8 カウント目までの信号を検出し、所定のクロックパルスによって 4 カウント目から 8 カウント目までの時間を測定する。それによって、共振周波数を求める。クロックパルスは、インクカートリッジに取り付けられる半導体記憶装置等を制御するためのクロックと等しいクロックのパルスであることが好ましい。尚、8 カウント目までの時間を測定する必要は無く、任意のカウントまで数えてもよい。図 11 においては、4 カウント目から 8 カウント目までの時間を測定しているが周波数を検出する回路構成にしたがって、異なったカウント間隔内の時間を検出してもよい。

【0106】

例えば、インクの品質が安定していてピークの振幅の変動が小さい場合には、検出の速度
30
を上げるために 4 カウント目から 6 カウント目までの時間を検出することにより共振周波数を求めてもよい。また、インクの品質が不安定でパルスの振幅の変動が大きい場合には、残留振動を正確に検出するために 4 カウント目から 12 カウント目までの時間を検出してもよい。

【0107】

また、他の実施例として所定期間内における逆起電力の電圧波形の波数を数えてもよい (図示せず)。この方法によっても共振周波数を求めることができる。より詳細には、アクチュエータ 106 が発振した後、所定期間だけデジタル信号を High とし、所定の基準電圧を低電圧側から高電圧側へ横切る回数をカウントする。そのカウント数を計測することによってインクの有無を検出できるのである。
40

【0108】

さらに、図 11 (A) および図 11 (C) を比較して分かるように、インクがインクカートリッジ内に満たされている場合とインクがインクカートリッジ内に無い場合とでは、逆起電力波形の振幅が異なる。従って、共振周波数を求めることなく、逆起電力波形の振幅を測定することによっても、インクカートリッジ内のインクの消費状態を検出してもよい。より詳細には、例えば、図 11 (A) の逆起電力波形の頂点と図 11 (C) の逆起電力波形の頂点との間に基準電圧を設定する。アクチュエータ 106 が発振した後、所定時間にデジタル信号を High とし、逆起電力波形が基準電圧を横切った場合には、インクは無いと判断する。逆起電力波形が基準電圧を横切らない場合には、インクは有ると判断する。

【0109】

10

20

30

40

50

アクチュエータ１０６がインクカートリッジの印字時においてインクの液面に対して傾斜する。従って、インクカートリッジ内のインクの消費量を徐々に検出することができる。かかる場合に、図１１(B)に示すように、インクの液面に対し、アクチュエータ１０６の上端から下端へインクの液面が低下する途中の逆起電力を測定する。それによって、アクチュエータ１０６は、インクの液面の位置を検出することができ、かつインクの消費量を検出できる。例えば、インクの液面の位置が低下するに従い、図１１(A)から図１１(B)そして図１１(C)へと次第に周波数および振幅が変化する。従って、アクチュエータ１０６は、インクの消費量を検出できる。

【０１１０】

より詳細には、図１１(A)、図１１(B)および図１１(C)において、それぞれの波長 a 、波長 b および波長 c は、図１１(A)から図１１(B)そして図１１(C)へと次第に小さくなっている。従って、周波数が図１１(A)から図１１(B)そして図１１(C)へと次第に大きくなっている。また、図１１(A)、図１１(B)および図１１(C)において、それぞれの振幅 a_1 、振幅 a_2 および振幅 a_3 は、図１１(A)から図１１(B)そして図１１(C)へと次第に大きくなっている。従って、アクチュエータ１０６は、周波数および振幅の変化を検出することによってインクの消費量を検出できる。

【０１１１】

図１２は、アクチュエータ１０６の製造方法を示す。複数のアクチュエータ１０６（図１２の例では４個）が一体に形成されている。図１２に示した複数のアクチュエータの一体成形物を、それぞれのアクチュエータ１０６において切断することにより、図１３に示すアクチュエータ１０６を製造する。図１２に示す一体成形された複数のアクチュエータ１０６のそれぞれの圧電素子が円形である場合、一体成形物をそれぞれのアクチュエータ１０６において切断することにより、図８に示すアクチュエータ１０６を製造することができる。複数のアクチュエータを一体に形成することにより、複数のアクチュエータを同時に効率良く製造することができ、運搬時の取り扱いが容易となる。

【０１１２】

アクチュエータ１０６は、薄板又は振動板１７６、基板１７８、弾性波発生手段又は圧電素子１７４、端子形成部材又は上部電極端子１６８、及び端子形成部材又は下部電極端子１７０を有する。圧電素子１７４は、圧電振動板又は圧電層１６０、上電極又は上部電極１６４、及び下電極又は下部電極１６６を含む。基板１７８の上面に振動板１７６が、形成され、振動板１７６の上面に下部電極１６６が形成されている。下部電極１６６の上面には、圧電層１６０が形成され、圧電層１６０の上面に、上部電極１６４が、形成されている。したがって、圧電層１６０の主要部は、上部電極１６４の主要部及び下部電極１６６の主要部によって、上下から挟まれるように形成されている。

【０１１３】

振動板１７６上に複数（図１２の例では４個）の圧電素子１７４が形成されている。振動板１７６の表面に下部電極１６６が形成され、下部電極１６６の表面に圧電層１６０が形成され、圧電層１６０の上面に上部電極１６４が形成される。上部電極１６４及び下部電極１６６の端部に上部電極端子１６８及び下部電極端子１７０が形成される。４個のアクチュエータ１０６は、それぞれ別々に切断されて個別に使用される。

【０１１４】

図１３は、圧電素子が矩形のアクチュエータ１０６の一部分の断面を示す。

【０１１５】

図１４は、図１３に示したアクチュエータ１０６の全体の断面を示す。基板１７８の圧電素子１７４と対向する面には、貫通孔１７８aが形成されている。貫通孔１７８aは振動板１７６によって封止されている。振動板１７６はアルミナや酸化ジルコニア等の電気絶縁性を備え、かつ弾性変形可能な材料によって形成されている。貫通孔１７８aと対向するように、圧電素子１７４が振動板１７６上に形成されている。下部電極１６６は貫通孔１７８aの領域から一方向、図１４では左方に延びるように振動板１７６の表面に形成されている。上部電極１６４は貫通孔１７８aの領域から下部電極とは反対の方向に、図１

10

20

30

40

50

4では右方に延びるように圧電層160の表面に形成されている。上部電極端子168及び下部電極端子170は、それぞれ補助電極172及び下部電極166の上面に形成されている。下部電極端子170は下部電極166と電氣的に接触し、上部電極端子168は補助電極172を介して上部電極164と電氣的に接触して、圧電素子とアクチュエータ106の外部との間の信号の受け渡しをする。上部電極端子168及び下部電極端子170は、電極と圧電層とを合わせた圧電素子の高さ以上の高さを有する。

【0116】

図15は、図12に示したアクチュエータ106の製造方法を示す。まず、グリーンシート940にプレスあるいはレーザー加工等を用いて貫通孔940aを穿孔する。グリーンシート940は焼成後に基板178となる。グリーンシート940はセラミック等の材料で形成される。次に、グリーンシート940の表面にグリーンシート941を積層する。グリーンシート941は、焼成後に振動板176となる。グリーンシート941は、酸化ジルコニア等の材料で形成される。次に、グリーンシート941の表面に導電層942、圧電層160、導電層944を圧膜印刷等の方法で順次形成する。導電層942は、後に下部電極166となり、導電層944は、後に上部電極164となる。次に、形成されたグリーンシート940、グリーンシート941、導電層942、圧電層160、及び導電層944を乾燥して焼成する。スペーサ部材947、948は、上部電極端子168と下部電極端子170の高さを底上げして圧電素子より高くする。スペーサ部材947、948は、グリーンシート940、941と同材料を印刷、あるいはグリーンシートを積層して形成する。このスペーサ部材947、948により貴金属である上部電極端子168及び下部電極端子170の材料が少なくて済む上に、上部電極端子168及び下部電極端子170の厚みを薄くできるので、上部電極端子168及び下部電極端子170を精度良く印刷でき、さらに安定した高さとすることができる。

【0117】

導電層942の形成時に導電層944との接続部944'及びスペーサ部材947及び948を同時に形成すると、上部電極端子168及び下部電極端子170を容易に形成したり、強固に固定することができる。最後に、導電層942及び導電層943の端部領域に、上部電極端子168及び下部電極端子170を形成する。上部電極端子168及び下部電極端子170を形成する際、上部電極端子168及び下部電極端子170が、圧電層160に電氣的に接続されるように形成する。

【0118】

図16は、本発明が適用されるインクカートリッジのさらに他の実施形態を示す。図16(A)は、本実施形態によるインクカートリッジの底部の断面図である。本実施形態のインクカートリッジは、インクを収容する容器1の底面1aに貫通孔1cを有する。貫通孔1cの底部はアクチュエータ650によって塞がれている。貫通孔1cは容器1の底面1aに設けられている傾斜面に配備される。アクチュエータ650は、貫通孔1cを介してインクカートリッジ内のインクと接触する。ただし、インクカートリッジとアクチュエータ650とは液密に取り付けられる。また、貫通孔1cの下方の端は、インクの液面に対して平行な面を有し、貫通孔1cにインクが残留しないように形成する。

【0119】

図16(B)は、図16(A)に示したアクチュエータ650及び貫通孔1cの詳細な断面を示す。図16(C)は、図16(B)に示したアクチュエータ650及び貫通孔1cの平面を示す。アクチュエータ650は振動板72および振動板72に固定された圧電素子73とを有する。振動板72及び基板71を介して圧電素子73が貫通孔1cに対向するように、アクチュエータ650は、容器1の底面に固定される。振動板72は、弾性変形可能で耐インク性を備える。

【0120】

容器1のインク量に依存して、圧電素子73及び振動板72の残留振動によって発生する逆起電力の振幅及び周波数が変化する。アクチュエータ650に対向する位置に貫通孔1cが形成されているが、貫通孔1cの下方の端にインクの液面に対して平行な面がある。

従って、貫通孔 1 c にインクが残留しない。それによって、アクチュエータ 6 5 0 が検知する逆起電力の振幅及び周波数の変化が、インクの消費状態によって顕著になる。従って、アクチュエータ 6 5 0 が誤ってインクの消費状態を検出することがない。

【 0 1 2 1 】

一方で、貫通孔 1 c 内に所定の量のインクを残留させるように設計してもよい。貫通孔 1 c 内にインクを残留させる場合においても、貫通孔 1 c に確保されるインク量により決まるアクチュエータ 6 5 0 の振動の特性を予め測定しておくことにより、容器 1 のインクエンドを確実に検出することができる。

【 0 1 2 2 】

図 1 7 はアクチュエータの他の実施形態を示す斜視図である。アクチュエータ 6 6 0 は、アクチュエータ 6 6 0 を構成する基板または取付プレート 7 8 の貫通孔 1 c よりも外側にパッキン 7 6 を有する。アクチュエータ 6 6 0 の外周にはカシメ孔 7 7 が形成されている。アクチュエータ 6 6 0 は、カシメ孔 7 7 を介してカシメにより容器 1 に固定される。

10

【 0 1 2 3 】

図 1 8 (A) および図 1 8 (B) は、アクチュエータの更に他の実施形態を示す斜視図である。本実施形態においては、アクチュエータ 6 7 0 は、凹部形成基板 8 0 および圧電素子 8 2 を備える。凹部形成基板 8 0 の一方の面には凹部 8 1 がエッチング等の手法により形成され、他方の面には圧電素子 8 2 が取り付けられる。凹部形成基板 8 0 のうち、凹部 8 1 の底部が振動領域として作用する。従って、アクチュエータ 6 7 0 の振動領域は凹部 8 1 の周縁によって規定される。また、アクチュエータ 6 7 0 は、図 8 の実施例によるアクチュエータ 1 0 6 のうち、基板 1 7 8 および振動板 1 7 6 が一体として形成された構造と類似する。従って、インクカートリッジを製造する際に製造工程を短縮することができ、コストを低減させる。アクチュエータ 6 7 0 は、容器 1 に設けられた貫通孔 1 c に埋め込み可能なサイズである。それによって、凹部 8 1 がキャビティとしても作用することができる。尚、図 8 の実施例によるアクチュエータ 1 0 6 を、図 1 8 の実施例によるアクチュエータ 6 7 0 と同様に貫通孔 1 c に埋め込み可能なように形成してもよい。

20

【 0 1 2 4 】

図 1 8 (B) に示すように、アクチュエータ 6 7 0 は、インクカートリッジの底面 1 a に設けられた傾斜面 1 0 0 1 に配備されている。底面 1 a の傾斜面 1 0 0 1 には、開口 1 0 0 2 が設けられている。図 1 8 (A) のアクチュエータ 6 7 0 は、開口 1 0 0 2 に液密に勘合する。それによって、アクチュエータ 6 7 0 は、インクの液面に対し傾斜するように配備される。また、アクチュエータ 6 7 0 がインクカートリッジ内のインクと接触できる。

30

【 0 1 2 5 】

図 1 9 は、アクチュエータ 1 0 6 を取り付けモジュール体 1 0 0 として一体形成した構成を示す斜視図である。モジュール体 1 0 0 はインクカートリッジの容器 1 の所定個所に装着される。モジュール体 1 0 0 は、インク液中の少なくとも音響インピーダンスの変化を検出することにより、容器 1 内の液体の消費状態を検知するように構成されている。本実施形態のモジュール体 1 0 0 は、容器 1 にアクチュエータ 1 0 6 を取り付けするための液体容器取付部 1 0 1 を有する。液体容器取付部 1 0 1 は、平面がほぼ矩形の基台 1 0 2 上に駆動信号により発振するアクチュエータ 1 0 6 を収容した円柱部 1 1 6 を載せた構造となっている。モジュール体 1 0 0 が、インクカートリッジに装着されたときに、モジュール体 1 0 0 のアクチュエータ 1 0 6 が外部から接触できないように構成されているので、アクチュエータ 1 0 6 を外部の接触から保護することができる。なお、円柱部 1 1 6 の先端側エッジは丸みが付けられていて、インクカートリッジに形成された孔へ装着する際に嵌めやすくなっている。

40

【 0 1 2 6 】

図 2 0 は、図 1 9 に示したモジュール体 1 0 0 の構成を示す分解図である。モジュール体 1 0 0 は、樹脂からなる液体容器取付部 1 0 1 と、プレート 1 1 0 および凹部 1 1 3 を有する圧電装置装着部 1 0 5 とを含む。さらに、モジュール体 1 0 0 は、リードワイヤ 1 0 4 a 及び 1 0 4 b、アクチュエータ 1 0 6、およびフィルム 1 0 8 を有する。好ましくは

50

、プレート１１０は、ステンレス又はステンレス合金等の錆びにくい材料から形成される。液体容器取付部１０１に含まれる円柱部１１６および基台１０２は、リードワイヤ１０４a及び１０４bを収容できるよう中心部に開口部１１４が形成され、アクチュエータ１０６、フィルム１０８、及びプレート１１０を収容できるように凹部１１３が形成される。アクチュエータ１０６はプレート１１０にフィルム１０８を介して接合され、プレート１１０およびアクチュエータ１０６は液体容器取付部１０１に固定される。従って、リードワイヤ１０４a及び１０４b、アクチュエータ１０６、フィルム１０８およびプレート１１０は、液体容器取付部１０１に一体として取り付けられる。リードワイヤ１０４a及び１０４bは、それぞれアクチュエータ１０６の上部電極及び下部電極と結合して圧電層に駆動信号を伝達し、一方、アクチュエータ１０６が検出した共振周波数の信号を記録装置等へ伝達する。アクチュエータ１０６は、リードワイヤ１０４a及び１０４bから伝達された駆動信号に基づいて一時的に発振する。アクチュエータ１０６は発振後に残留振動し、その振動によって逆起電力を発生させる。このとき、逆起電力波形の振動周期を検出することによって、液体容器内の液体の消費状態に対応した共振周波数を検出することができる。フィルム１０８は、アクチュエータ１０６とプレート１１０とを接着してアクチュエータを液密にする。フィルム１０８は、ポリオレフィン等によって形成し、熱融着で接着することが好ましい。

10

【０１２７】

プレート１１０は円形状であり、基台１０２の開口部１１４は円筒状に形成されている。アクチュエータ１０６及びフィルム１０８は矩形状に形成されている。リードワイヤ１０４、アクチュエータ１０６、フィルム１０８、及びプレート１１０は、基台１０２に対して着脱可能としてもよい。基台１０２、リードワイヤ１０４、アクチュエータ１０６、フィルム１０８、及びプレート１１０は、モジュール体１００の中心軸に対して対称に配置されている。更に、基台１０２、アクチュエータ１０６、フィルム１０８、及びプレート１１０の中心は、モジュール体１００のほぼ中心軸上に配置されている。

20

【０１２８】

基台１０２の開口部１１４の面積は、アクチュエータ１０６の振動領域の面積よりも大きく形成されている。プレート１１０の中心でアクチュエータ１０６の振動部に直面する位置には、貫通孔１１２が形成されている。図８および図９に示したようにアクチュエータ１０６にはキャビティ１６２が形成され、貫通孔１１２とキャビティ１６２は、共にインク溜部を形成する。プレート１１０の厚さは、残留インクの影響を少なくするために貫通孔１１２の径に比べて小さいことが好ましい。例えば貫通孔１１２の深さはその径の３分の１以下の大きさであることが好ましい。貫通孔１１２は、モジュール体１００の中心軸に対して対称なほぼ真円の形状である。また貫通孔１１２の面積は、アクチュエータ１０６のキャビティ１６２の開口面積よりも大きい。貫通孔１１２の断面の周縁はテ-パ形状であっても良いしステップ形状でもよい。モジュール体１００は、貫通孔１１２が容器１の内側へ向くように容器１の側部、上部、又は底部に装着される。インクが消費されアクチュエータ１０６周辺のインクがなくなると、アクチュエータ１０６の共振周波数が大きく変化するので、インクの水位変化を検出することができる。

30

【０１２９】

図２１は、図１９に示したモジュール体１００を容器１に装着したときのインク容器の底部近傍の断面図である。モジュール体１００は、容器１の側壁を貫通するように装着されている。容器１の側壁とモジュール体１００との接合面には、Ｏリング３６５が設けられ、モジュール体１００と容器１との液密を保っている。Ｏリングでシールが出来るようにモジュール体１００は図１９で説明したような円柱部を備えることが好ましい。モジュール体１００の先端が容器１の内部に挿入されることで、プレート１１０の貫通孔１１２を介して容器１内のインクがアクチュエータ１０６と接触する。アクチュエータ１０６の振動部の周囲が液体か気体かによってアクチュエータ１０６の残留振動の共振周波数が異なるので、モジュール体１００を用いてインクの消費状態を検出することができる。また、モジュール体１００に限らず、他の形態のモジュール体を容器１に装着してインクの有無

40

50

を検出してもよい。

【0130】

図22は、本発明が適用される単色、例えばブラックインク用のインクカートリッジの一実施形態の断面図である。インクを収容する容器1には、記録装置のインク供給針に接合するインク供給口2が設けられている。容器1の底面1aには、アクチュエータ106を備えたモジュール体100が容器を介して内部のインクに接触できるように取付けられている。インクKがほぼ消費されつくした段階、つまりインクニアエンドとなった時点で、アクチュエータ106に接触する媒体がインクから気体へと変更するように設けられている。容器1は、液体の液面に対し傾斜する傾斜面1025を有し、モジュール体100はその傾斜面1025に配備される。従って、アクチュエータ106の振動領域は、インクカートリッジ内のインクの液面に対し傾斜するように配備される。

10

【0131】

本実施例において、インクの液面に対して傾斜する傾斜面1025は、インク供給口2が設けられている供給口形成面1010に隣接する隣接面1020に設けられている。しかし、傾斜面1025は、隣接面1020に設けられることに限定されない。例えば、傾斜面1025を供給口形成面1010に設け、モジュール体100を供給口形成面1010に設けられた傾斜面1025に配備してもよい。

【0132】

傾斜面1025の傾斜の角度は特定しない。しかし、アクチュエータ106の振動領域のインク液面に対する傾斜の角度が、約30度から約60度になるように傾斜面1025の傾斜の角度を設定することが好ましい。

20

【0133】

また、インク供給口2にはパッキン4及び弁体6が設けられている。図3に示すように、パッキン4は記録ヘッド31に連通するインク供給針32と液密に係合する。弁体6は、バネ5によってパッキン4に対して弾接されている。インク供給針32が挿入されると、弁体6はインク供給針32に押されてインク流路を開放し、容器1内のインクがインク供給口2およびインク供給針32を介して記録ヘッド31へ供給される。容器1の上壁の上には、インクカートリッジ内のインクに関する情報を格納した半導体記憶手段7が装着されている。

【0134】

図22では、モジュール体100は1つだけインクカートリッジに配備されている。しかし、モジュール体100の数は限定しない。従って、複数のモジュール体100をインクカートリッジの傾斜面に配備してもよい。

30

【0135】

図23は、複数種類のインクを収容するインクカートリッジの一実施例を示す裏側から見た斜視図である。容器8は、隔壁により3つのインク室9、10及び11に分割される。それぞれのインク室には、インク供給口12、13及び14が形成されている。それぞれのインク室9、10及び11の底面8aには、モジュール体100a、100bおよび100cが、それぞれインク室9、10及び11内のインクと接触できるように開口(図示せず)が設けられている。モジュール体100a、100bおよび100cは、それぞれのインク室9、10及び11の底面8aに設けられた開口に液密に取り付けられる。それによって、モジュール体100a、100bおよび100cのそれぞれのアクチュエータ106の振動部は、各インク室9、10及び11内に収容されているインクに接触でき、かつインクが各インク室9、10及び11から液漏れすることがない。

40

【0136】

底面8aは、液体の液面に対し傾斜する傾斜面1030を有する。モジュール体100a、100bおよび100cは、傾斜面1030に配備される。それによってモジュール体100a、100bおよび100cは、インクの液面に対し傾斜するように配備される。

【0137】

本実施例において、インクの液面に対して傾斜する傾斜面1030は、インク供給口12

50

、 13、14 が設けられている供給口形成面 1011 に隣接する隣接面（本実施例では底面 8a）に設けられている。しかし、傾斜面は、底面 8a に設けられることに限定されない。傾斜面は、供給口形成面 1011 に設けてもよい。モジュール体 100a、100b および 100c は、供給口形成面 1011 に設けられた傾斜面に配備してもよい。また、本実施例では、傾斜面 1030 は、インクカートリッジの容器 8 のうち同一の面に設けている。しかし、傾斜面は、各インク室 9、10 及び 11 について、インクカートリッジの容器 8 のうち異なる面に設けてもよい。従って、モジュール体 100a、100b および 100c は、インクカートリッジの容器 8 のうち同一の面に配備してもよく、互いに異なる面に配備してもよい。

【0138】

10

傾斜面 1030 の傾斜の角度は特定しない。しかし、モジュール体 100a、100b および 100c の振動領域のインクの液面に対する傾斜の角度が、約 30 度から約 60 度になるように傾斜面 1030 の傾斜の角度を設定することが好ましい。

【0139】

図 24 は、図 22 及び図 23 に示したインクカートリッジに適したインクジェット記録装置の要部の実施形態を示す断面図である。記録用紙の幅方向に往復動可能なキャリッジ 30 は、サブタンクユニット 33 を備えていて、記録ヘッド 31 がサブタンクユニット 33 の下面に設けられている。また、インク供給針 32 はサブタンクユニット 33 のインクカートリッジ搭載面側に設けられている。

【0140】

20

モジュール体 100 がインクの液面に対し傾斜するように配備されることによって、インクカートリッジ内のインクが徐々に減少していく様子を検出することができる。また、モジュール体 100 にキャピティがある場合には、モジュール体 100 が傾斜しているので、インクエンドにおいてキャピティ内にインクを残存させないことを可能にし、インクの消費状態の検出を容易にするように設計することもできる。

【0141】

図 25 は、本発明に従った実施例としてのサブタンクユニットの断面図である。サブタンクユニット 33 は、インク供給針 32、インク室 34、膜弁 36、及びフィルタ 37 を有する。インク室 34 内には、インクカートリッジからインク供給針 32 を介して供給されるインクが収容される。膜弁 36 は、インク室 34 とインク供給口 35 との間の圧力差により開閉するよう設計されている。インク供給口 35 は記録ヘッド 31 に連通しており、インクが記録ヘッド 31 まで供給される構造となっている。

30

【0142】

図 24 に示すように、容器 1 のインク供給口 2 をサブタンクユニット 33 のインク供給針 32 に挿通すると、弁体 6 がバネ 5 に抗して後退し、インク流路が形成され、容器 1 内のインクがインク室 34 に流れ込む。インク室 34 にインクが充填された段階で、記録ヘッド 31 のノズル開口に負圧を作用させて記録ヘッド 31 にインクを充填した後、記録動作を実行する。

【0143】

振動体 39 の動作により記録ヘッド 31（図 24 参照）においてインクが消費されると、膜弁 36 の下流側の圧力が低下するので、図 25 に示すように、膜弁 36 が弁体 38 から離れて開弁する。膜弁 36 が開くことにより、容器 34 のインクはインク供給口 35 を介して記録ヘッド 31 に流れ込む。記録ヘッド 31 へのインクの流入に伴って、容器 1 のインクは、インク供給針 32 を介してサブタンクユニット 33 に流れ込む。

40

【0144】

サブタンクユニット 33 内において、振動体 39 の下側には供給口形成面 1040 が設けられている。供給口形成面 1040 は、サブタンクユニット 33 内のインクの液面に対して傾斜している。供給口形成面 1040 の一方にアクチュエータ 106 が配備されている。それによってアクチュエータ 106 は、インクの液面に対し傾斜するように配備される。

50

【 0 1 4 5 】

図 2 6 は、本発明に従った実施例としてのサブタンクユニットの他の断面図である。本実施例では、サブタンクユニット 3 3 に設けられた供給口形成面 1 0 4 0 の他方にアクチュエータ 1 0 6 が配備されている。

【 0 1 4 6 】

図 2 7 は、本発明に従った実施例としてさらに他のサブタンクユニットの断面図である。サブタンクユニット 3 3 のインクが収容される容器 3 4 のうち、インク供給口 3 5 が設けられている供給口形成面 1 0 4 0 に隣接する隣接面 1 0 5 0 の一部分がインクの液面に対して傾斜する。アクチュエータ 1 0 6 は、隣接面 1 0 5 0 のインクの液面に対し傾斜する傾斜面に配備される。それによって、アクチュエータ 1 0 6 は、インクの液面に対し傾斜するように配備される。

10

【 0 1 4 7 】

図 2 8 は、本発明に従った実施例としてのサブタンクユニットのさらに他の断面図である。サブタンクユニット 3 3 のインクが収容される容器 3 4 のうち、インク供給口 3 5 が設けられている供給口形成面 1 0 4 0 に隣接する隣接面 1 0 6 0 の少なくとも一部分がインクの液面に対して傾斜する。アクチュエータ 1 0 6 は、隣接面 1 0 6 0 のインクの液面に対し傾斜する傾斜面に配備される。それによって、アクチュエータ 1 0 6 は、インクの液面に対し傾斜するように配備される。

【 0 1 4 8 】

図 2 9 および図 3 0 は、アクチュエータ 1 0 6 がサブタンクユニット 3 3 の供給口形成面 1 0 4 0 に隣接する隣接面 1 0 5 0 または隣接面 1 0 6 0 に配備されている他の実施例を示す。本実施例では、アクチュエータ 1 0 6 が隣接面 1 0 5 0 または隣接面 1 0 6 0 のうち、供給口 3 5 に比較的近い位置に配備されている。アクチュエータ 1 0 6 が供給口 3 5 に比較的近いことによって、アクチュエータ 1 0 6 は、サブタンクユニット 3 3 のインクエンドにより近い位置でのインクの消費量を検出することができる。

20

【 0 1 4 9 】

アクチュエータ 1 0 6 は、さらに隣接面 1 0 5 0 または隣接面 1 0 6 0 のうち、供給口 3 5 に近い位置に配備してもよい。例えば、図 2 9 および図 3 0 における膜弁 3 6 の近傍の隣接面 1 0 5 0 または隣接面 1 0 6 0 にアクチュエータ 1 0 6 を配備してもよい（図示せず）。また、アクチュエータ 1 0 6 は、インク供給口に直接配備してもよい。

30

【 0 1 5 0 】

図 3 1 は、本発明に従った実施例としてのサブタンクユニットのさらに他の断面図である。本実施例では、サブタンクユニット 3 3 内の膜弁 3 6 側ヘインクを供給するインク供給口 1 3 5 にインクの液面に対し傾斜する傾斜面 w を設ける。インク供給口 1 3 5 に設けられた傾斜面にアクチュエータ 1 0 6 を配備することによって、アクチュエータ 1 0 6 はインクの液面に対し傾斜するように配備される。

【 0 1 5 1 】

本実施例では、傾斜面 w にアクチュエータ 1 0 6 を配備しているが、アクチュエータ 1 0 6 は傾斜面 x、傾斜面 y、傾斜面 z に配備してもよい。

【 0 1 5 2 】

図 3 2 は、本発明に従った実施例としてのサブタンクユニットのさらに他の断面図である。本実施例では、サブタンクユニット 3 3 内の記録ヘッドヘインクを供給するインク供給口 3 5 にインクの液面に対し傾斜する傾斜面 x' を設ける。インク供給口 3 5 に設けられた傾斜面 x' にアクチュエータ 1 0 6 を配備することによって、アクチュエータ 1 0 6 はインクの液面に対し傾斜するように配備される。

40

【 0 1 5 3 】

本実施例では、傾斜面 x' にアクチュエータ 1 0 6 を配備しているが、アクチュエータ 1 0 6 は傾斜面 x' に対向する傾斜面 y' に配備してもよい。

【 0 1 5 4 】

アクチュエータ 1 0 6 をサブタンクユニット 3 3 に貼着することにより、サブタンクユニ

50

ット３３自体に残量を検出する機能を付与することができる。本実施例によれば、インクカートリッジの成形時における液面検出用の電極の埋め込みや、アクチュエータ１０６の埋め込みが不要となるので、射出成形工程が簡素化され、電極埋めこみ領域からの液漏れがなくなり、インクカートリッジの信頼性が向上できる。

【０１５５】

図３３は、本発明のインクカートリッジの更に他の実施例を示す。図３３に示した実施例においては、底面１ａの全体が上下方向に斜めに形成される。モジュール体１００は、底面１ａに装着される。底面１ａには開口が設けられている。モジュール体１００のアクチュエータ１０６の振動部は底面１ａに設けられた開口を介してインクカートリッジ内のインクと接触する。

10

【０１５６】

図３３の実施例によれば、インクが消費され、モジュール体１００の一部が液面から露出するようになると、モジュール体１００のアクチュエータ１０６が液面の変化 h_3 に対応して連続的に液面を検出する。したがって、インクカートリッジのインク残量の変化の過程を正確に検出することができる。

【０１５７】

図３４は、本発明のインクカートリッジの更に他の実施例を示す。図３４に示した実施例においては、底面１ａの全体が上下方向に斜めに形成される。複数のモジュール体１００は、底面１ａに装着される。底面１ａには開口が設けられている。複数のモジュール体１００のアクチュエータ１０６の振動部は底面１ａに設けられた開口を介してインクカートリッジ内のインクと接触する。

20

【０１５８】

図３４の実施例によれば、複数のモジュール体１００は、それぞれインクの液面に対して互いに異なる高さに配備されている。従って、インクが消費されたときに、複数のモジュール体１００が段階的にインクの液面を検出する。したがって、インクカートリッジのインク残量の変化の過程を正確に検出することができる。

【０１５９】

図３５は、図８に示したアクチュエータ１０６を用いたインクカートリッジ及びインクジェット記録装置の実施形態を示す。複数のインクカートリッジ１８０は、それぞれのインクカートリッジ１８０に対応した複数のインク導入部１８２及びヘッドプレート１８６を有するインクジェット記録装置に装着される。複数のインクカートリッジ１８０は、それぞれ異なった種類、例えば色のインクを収容する。複数のインクカートリッジ１８０のそれぞれの底面には、少なくとも音響インピーダンスの変化を検出する手段であるアクチュエータ１０６が装着されている。アクチュエータ１０６をインクカートリッジ１８０に装着することによって、インクカートリッジ１８０内のインク残量を検出することができる。尚、インクカートリッジ１８０の装着時において、インクカートリッジ１８０は、インクの液面に対し傾斜する。従って、インクカートリッジ１８０の側壁を傾斜させずに、または側壁に傾斜面を設けずに、アクチュエータ１０６をインクカートリッジ１８０の側壁に配備しても、アクチュエータ１０６の振動領域をインクの液面に対して傾斜させることができる。

30

40

【０１６０】

図３６は、インクジェット記録装置のヘッド部周辺の詳細を示す。インクジェット記録装置は、インク導入部１８２、ホルダー１８４、ヘッドプレート１８６、及びノズルプレート１８８を有する。インクを噴射するノズル１９０がノズルプレート１８８に複数形成されている。インク導入部１８２は空気供給口１８１とインク導入口１８３とを有する。空気供給口１８１はインクカートリッジ１８０に空気を供給する。インク導入口１８３はインクカートリッジ１８０からインクを導入する。インクカートリッジ１８０は空気導入口１８５とインク供給口１８７とを有する。空気導入口１８５はインク導入部１８２の空気供給口１８１から空気を導入する。インク供給口１８７はインク導入部１８２のインク導入口１８３にインクを供給する。インクカートリッジ１８０がインク導入部１８２から空

50

気を導入することによって、インクカートリッジ 180 からインク導入部 182 へのインクの供給を促す。ホルダー 184 は、インクカートリッジ 180 からインク導入部 182 を介して供給されたインクをヘッドプレート 186 に連通する。

【0161】

図 37 は、図 36 に示したインクカートリッジ 180 の他の実施形態を示す。図 37 のインクカートリッジ 180 A は、上下方向に斜めに形成された底面 194 a にアクチュエータ 106 が装着されている。インクカートリッジ 180 A のインク容器 194 の内部には、インク容器 194 の内部底面から所定の高さの、アクチュエータ 106 と直面する位置に防波壁 192 が設けられている。アクチュエータ 106 が、インク容器 194 の上下方向に対し斜めに装着されているので、インクの掃けが良好になる。

10

【0162】

アクチュエータ 106 と防波壁 192 との間には、インクで満たされた間隙が形成される。また、防波壁 192 とアクチュエータ 106 との間隔は、毛細管力によりインクが保持されない程度に空けられている。インク容器 194 が横揺れしたときに、横揺れによってインク容器 194 内部にインクの波が発生し、その衝撃によって、気体や気泡がアクチュエータ 106 によって検出されてアクチュエータ 106 が誤作動する可能性がある。防波壁 192 を設けることによって、アクチュエータ 106 付近のインクの波を防ぎ、アクチュエータ 106 の誤作動を防ぐことができる。

【0163】

図 38 はインクカートリッジ 180 の更に他の実施形態を示す。図 38 (A) はインクカートリッジ 180 C の断面図、図 38 (B) は図 38 (A) に示したインクカートリッジ 180 C の側壁 194 b を拡大した断面図、及び図 38 (C) はその正面からの透視図である。インクカートリッジ 180 C は、半導体記憶手段 7 とアクチュエータ 106 とが同一の回路基板 610 上に形成されている。図 38 (B)、(C) に示すように、半導体記憶手段 7 は回路基板 610 の上方に形成され、アクチュエータ 106 は同一の回路基板 610 において半導体記憶手段 7 の下方に形成されている。アクチュエータ 106 の周囲を囲むように異型リング 614 が、側壁 194 b に形成される。側壁 194 b には、回路基板 610 をインク容器 194 に接合するためのカシメ部 616 が複数形成されている。カシメ部 616 によって回路基板 610 をインク容器 194 に接合し、異型リング 614 を回路基板 610 に押しつけることで、アクチュエータ 106 の振動領域がインクと接

20

30

【0164】

半導体記憶手段 7 及び半導体記憶手段 7 付近には端子 612 が形成されている。端子 612 は半導体記憶手段 7 とインクジェット記憶装置等の外部との間の信号の受け渡しをする。半導体記憶手段 7 は、例えば E E P R O M などの書き換え可能な半導体メモリによって構成されてもよい。半導体記憶手段 7 とアクチュエータ 106 とが同一の回路基板 610 上に形成されているので、アクチュエータ 106 及び半導体記憶手段 7 をインクカートリッジ 180 C に取付ける際に 1 回の取付け工程で済む。また、インクカートリッジ 180 C の製造時及びリサイクル時の作業工程が簡素化される。更に、部品の点数が削減されるので、インクカートリッジ 180 C の製造コストが低減できる。

40

【0165】

アクチュエータ 106 は、インク容器 194 内のインクの消費状態を検知する。半導体記憶手段 7 はアクチュエータ 106 が検出したインク残量などインクの情報を格納する。すなわち、半導体記憶手段 7 は検出する際に用いられるインク及びインクカートリッジの特性等の特性パラメータに関する情報を格納する。

【0166】

半導体記憶手段 7 は、予めインク容器 194 内のインクがフルのとき、すなわちインクがインク容器 194 内に満たされたとき、又はエンドのとき、すなわちインク容器 194 内のインクが消費されたときの共振周波数を特性パラメータの一つとして格納する。インク容器 194 内のインクがフル又はエンド状態の共振周波数は、インク容器が初めてインク

50

ジェット記録装置に装着されたときに格納されてもよい。また、インク容器 194 内のインクがフル又はエンド状態の共振周波数は、インク容器 194 の製造中に格納されてもよい。半導体記憶手段 7 に予めインク容器 194 内のインクがフル又はエンドのときの共振周波数を格納し、インクジェット記録装置側で共振周波数のデータを読み出すことによりインク残量を検出する際のばらつきを補正できるので、インク残量が基準値まで減少したことを正確に検出することができる。尚、図 38 (A) に示すように、本実施例では、回路基板 610 をインクの液面に対して傾斜して取り付けられている。それによって、アクチュエータ 106 は、インクの液面に対し傾斜するように配備される。

【0167】

図 39 は、インクカートリッジ 180 の更に他の実施形態を示す。図 39 (A) に示すインクカートリッジ 180 D は、インク容器 194 の側壁 194 b に複数のアクチュエータ 106 を装着する。図 12 に示した、一体成形された複数のアクチュエータ 106 を、これら複数のアクチュエータ 106 として用いることが好ましい。複数のアクチュエータ 106 は、上下方向に間隔をおいて側壁 194 b に配置されている。複数のアクチュエータ 106 を上下方向に間隔をおいて側壁 194 b に配置することによって、インク残量を段階的に検出することができる。

10

【0168】

図 39 (B) に示すインクカートリッジ 180 E は、インク容器 194 の側壁 194 b に上下方向に長いアクチュエータ 606 を装着する。上下方向に長いアクチュエータ 606 によって、インク容器 194 内のインク残量の変化を連続的に検出することができる。アクチュエータ 606 の長さは、側壁 194 b に高さの半分以上の長さを有することが望ましく、図 39 (B) においては、アクチュエータ 606 は側壁 194 b のほぼ上端からほぼ下端までの長さを有する。

20

【0169】

図 39 (C) に示すインクカートリッジ 180 F は、図 39 (A) に示したインクカートリッジ 180 D と同様に、インク容器 194 の側壁 194 b に複数のアクチュエータ 106 を装着し、複数のアクチュエータ 106 の直面に所定の間隔をおいて上下方向に長い防波壁 192 を備える。図 24 に示した、一体成形された複数のアクチュエータ 106 を、これら複数のアクチュエータ 106 として用いることが好ましい。アクチュエータ 106 と防波壁 192 との間には、インクで満たされた間隙が形成される。また、防波壁 192 とアクチュエータ 106 との間隔は、毛細管力によりインクが保持されない程度に空けられている。インク容器 194 が横揺れしたときに横揺れによってインク容器 194 内部にインクの波が発生し、その衝撃によって気体や気泡がアクチュエータ 106 によって検出されてしまい、アクチュエータ 106 が誤作動する可能性がある。本発明のように防波壁 192 を設けることによって、アクチュエータ 106 付近のインクの波立ちを防ぎ、アクチュエータ 106 の誤作動を防ぐことができる。また、防波壁 192 はインクが揺動することに発生した気泡がアクチュエータ 106 に侵入するのを防ぐ。尚、図 39 (A)、図 39 (B) および図 39 (C) に示すように、本実施例では、インク供給口のある側壁に対向する側壁が傾斜している。この側壁の傾斜面にアクチュエータ 106 を配備している。それによって、アクチュエータ 106 は、インクの液面に対し傾斜するように配備される。

30

40

【0170】

図 38 および図 39 のインクカートリッジのようにアクチュエータ 106 がインクの液面に対して傾斜して配備されることによって、インクカートリッジ内のインクの消費量の連続的または段階的な検出をすることができる。また、インクの掃けが良好になる。

【0171】

以上、キャリアッジに装着される、キャリアッジと別体のインクカートリッジにおいて、インクカートリッジ又はキャリアッジにアクチュエータ 106 を装着する場合について述べたが、キャリアッジと一体化され、キャリアッジと共に、インクジェット記録装置に装着されるインクタンクにアクチュエータ 106 を装着してもよい。更に、キャリアッジと別体の、チュ

50

ープ等を介して、キャリッジにインクを供給するオフキャリッジ方式のインクタンクにアクチュエータ１０６を装着してもよい。またさらに、記録ヘッドとインク容器とが一体となって交換可能に構成されたインクカートリッジに、本発明のアクチュエータを装着してもよい。

【０１７２】

以上、本発明を実施の形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施の形態に記載の範囲には限定されない。上記実施の形態に、多様な変更又は改良を加えることができる。その様な変更又は改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、特許請求の範囲の記載から明らかである。

【０１７３】

【発明の効果】

本発明による液体容器は、液体残量を正確に検出でき、かつ複雑なシール構造を不要としたを提供することができる。

【０１７４】

本発明による液体容器は、液体容器の製造工程が少なく、かつ製造コストが低廉であり、かつ液体の種類に依らず液体容器内の液体の消費量を正確に検出することができる。

【０１７５】

本発明による液体容器は、液体容器内の液体の消費量を連続的に検出することを可能にし、かつ液体量が少量だけ消費された場合であってもその連続的な変化を検出することができる。

【０１７６】

本発明による液体容器は、液体が消費された後にキャビティ内に液体が残存させないことを可能にし、液体の消費状態の検出を容易にすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】単色、例えばブラックインク用のインクカートリッジの一実施例を示す図である。

【図２】複数種類のインクを収容するインクカートリッジの一実施例を示す図である。

【図３】図１及び２に示したインクカートリッジに適したインクジェット記録装置の一実施例を示す図である。

【図４】弾性波発生手段６５、１５、１６、及び１７の製造方法を示す図である。

【図５】弾性波発生手段６５、１５、１６、及び１７の斜視図を示す図である。

【図６】本発明のインクカートリッジの更に他の実施例を示す図である。

【図７】図１または図６に示したインクカートリッジの他の実施形態を示す図である。

【図８】アクチュエータ１０６の詳細を示す図である。

【図９】アクチュエータ１０６の詳細を示す図である。

【図１０】インクの密度とアクチュエータ１０６によって検出されるインクの共振周波数との関係を示す図である。

【図１１】アクチュエータ１０６の逆起電力波形を示す図である。

【図１２】アクチュエータ１０６の他の実施形態を示す図である。

【図１３】図１２に示したアクチュエータ１０６の一部分の断面を示す図である。

【図１４】図１４に示したアクチュエータ１０６の全体の断面を示す図である。

【図１５】図１２に示したアクチュエータ１０６の製造方法を示す図である。

【図１６】本発明のインクカートリッジの更に他の実施形態を示す図である。

【図１７】アクチュエータの他の実施形態を示す図である。

【図１８】アクチュエータの更に他の実施形態を示す図である。

【図１９】モジュール体１００を示す斜視図である。

【図２０】図１９に示したモジュール体１００の構成を示す分解図である。

【図２１】図１９に示したモジュール体１００を容器１に装着した断面の例を示す図である。

【図２２】本発明が適用される単色、例えばブラックインク用のインクカートリッジの一

10

20

30

40

50

実施形態の断面図である。

【図 2 3】複数種類のインクを収容するインクカートリッジの一実施例を示す裏側から見た斜視図である。

【図 2 4】図 2 2 及び図 2 3 に示したインクカートリッジに適したインクジェット記録装置の要部の実施形態を示す断面図である。

【図 2 5】サブタンクユニットの詳細を示す断面図である。

【図 2 6】サブタンクユニットの詳細を示す断面図である。

【図 2 7】サブタンクユニットの詳細を示す断面図である。

【図 2 8】サブタンクユニットの詳細を示す断面図である。

【図 2 9】サブタンクユニットの詳細を示す断面図である。

10

【図 3 0】サブタンクユニットの詳細を示す断面図である。

【図 3 1】サブタンクユニットの詳細を示す断面図である。

【図 3 2】サブタンクユニットの詳細を示す断面図である。

【図 3 3】本発明のインクカートリッジの更に他の実施例を示す図である。

【図 3 4】本発明のインクカートリッジの更に他の実施例を示す図である。

【図 3 5】図 8 および図 9 に示したアクチュエータ 1 0 6 を用いたインクカートリッジ及びインクジェット記録装置の実施形態を示す図である。

【図 3 6】インクジェット記録装置の詳細を示す図である。

【図 3 7】図 3 6 に示したインクカートリッジ 1 8 0 の他の実施形態を示す図である。

【図 3 8】インクカートリッジ 1 8 0 の更に他の実施形態を示す図である。

20

【図 3 9】インクカートリッジ 1 8 0 の更に他の実施形態を示す図である。

【符号の説明】

1 . . . 容器

1 a . . . 底面

1 b . . . 側壁

1 c、9 4 0 a . . . 貫通孔

1 d、. . . 側面

1 e、1 f . . . 段差部

2 . . . インク供給口

3、1 5、1 6、1 7、4 1、6 5、6 6、7 0 . . . 弾性波発生手段

30

4 . . . パッキン

5 . . . バネ

6 . . . 弁体

7 . . . 半導体記憶手段

8 . . . 容器

8 a . . . 底面

9、1 0、1 1 . . . インク室

1 2、1 3、1 4 . . . インク供給口

2 0 . . . 固定基板

2 1、2 3 . . . 導電材料層

40

2 1 a、2 3 a . . . 接続端子

2 2 . . . グリーンシート

3 0 . . . キャリッジ

3 1 . . . 記録ヘッド

3 2 . . . インク供給針

3 3 . . . サブタンクユニット

3 4 . . . インク室

3 5 . . . インク供給口

3 6 . . . 膜弁

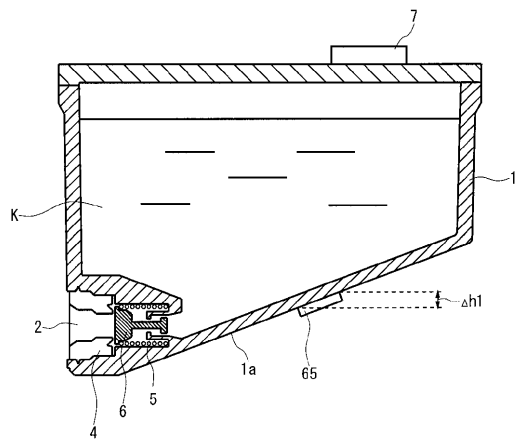
3 7 . . . フィルタ

50

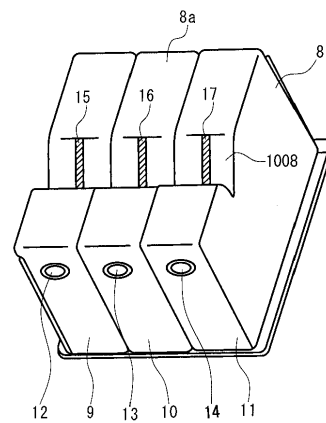
3 8 . . . 弁体	
6 7 . . . 板材	
6 8 . . . フロート	
7 1 . . . 接着剤層	
7 2、8 0、1 7 8 . . . 基板	
7 3、8 2、圧電振動板	
7 6 . . . パッキン	
7 7 . . . カシメ孔	
8 1 . . . 凹部	
1 0 0 . . . モジュール	10
1 0 2 . . . 基台	
1 0 4 . . . リードワイヤ	
1 0 6、6 5 0、6 6 0、6 7 0 . . . アクチュエータ	
1 0 8 . . . フィルム	
1 1 0 . . . プレート	
1 1 2 . . . 貫通孔	
1 1 3 . . . 凹部	
1 1 4 . . . 開口部	
1 1 6 . . . 円柱部	
1 6 0 . . . 圧電層	20
1 6 2 . . . キャビティ	
1 6 4 . . . 上部電極	
1 6 6 . . . 下部電極	
1 6 8 . . . 上部電極端子	
1 7 0 . . . 下部電極端子	
1 7 2 . . . 補助電極	
1 7 4 . . . 圧電素子	
1 7 6 . . . 振動板	
1 8 0 . . . インクカートリッジ	
1 8 1 . . . 空気供給口	30
1 8 2 . . . インク導入部	
1 8 3 . . . インク導入口	
1 8 4 . . . 弁部	
1 8 5 . . . 空気導入口	
1 8 6 . . . ヘッドプレート	
1 8 7 . . . インク供給口	
1 8 8 . . . ノズルプレート	
1 8 9 . . . 切替弁	
1 9 0 . . . ノズル	
1 9 2 . . . 防波壁	40
1 9 4 . . . インク容器	
1 9 4 a . . . 底面	
1 9 4 b . . . 側壁	
4 0 8、5 0 8 . . . フィルム	
6 0 6 . . . アクチュエータ	
6 1 0 . . . 基板	
6 1 2 . . . 端子	
9 4 0、9 4 1 . . . グリーンシート	
9 4 2、9 4 4 . . . 導電層	
9 4 4 ' . . . 接続部	50

947、948・・・補助導電層
 1008・・・傾斜面
 1030、1025・・・傾斜面
 1011、1010、1040・・・供給口形成面
 1020、1050、1060・・・隣接面
 h1、h3・・・液面の変化
 K・・・インク

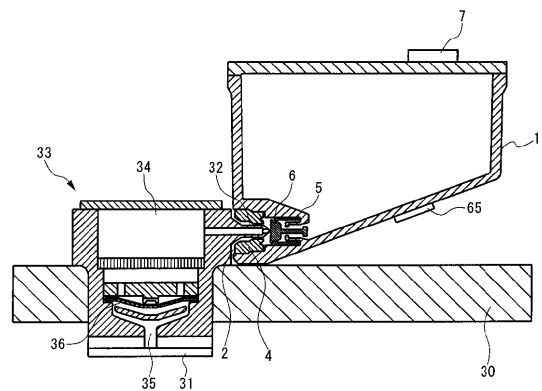
【図1】



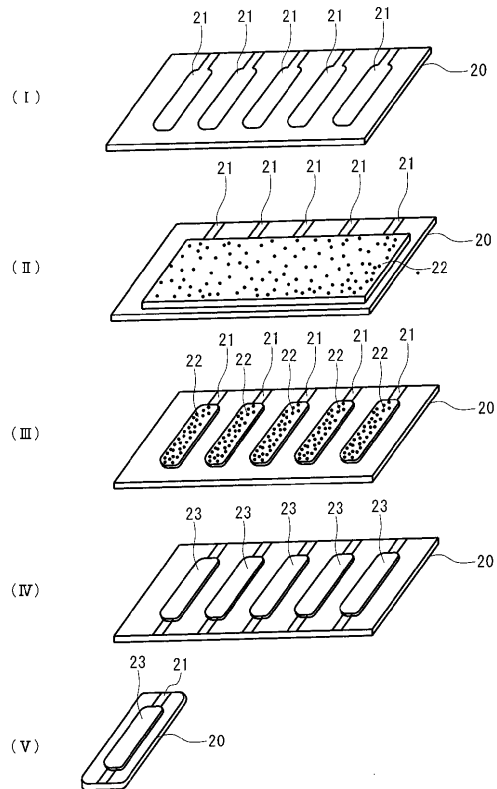
【図2】



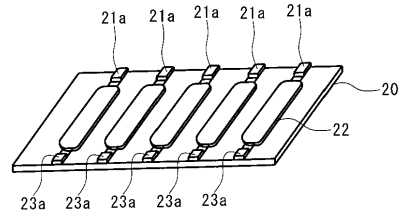
【図3】



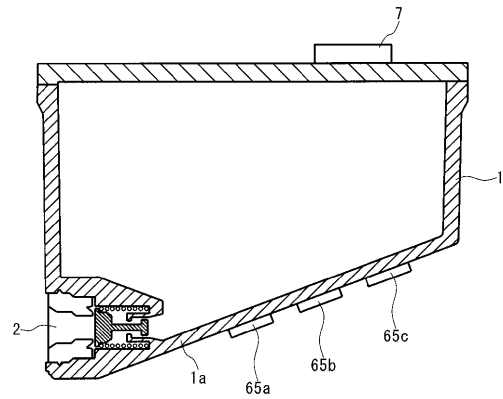
【図 4】



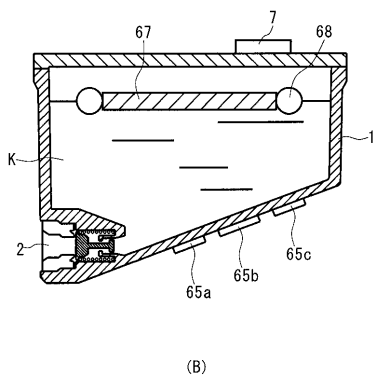
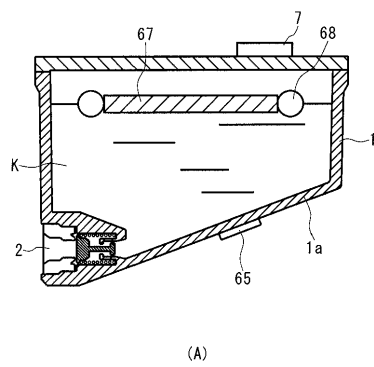
【図 5】



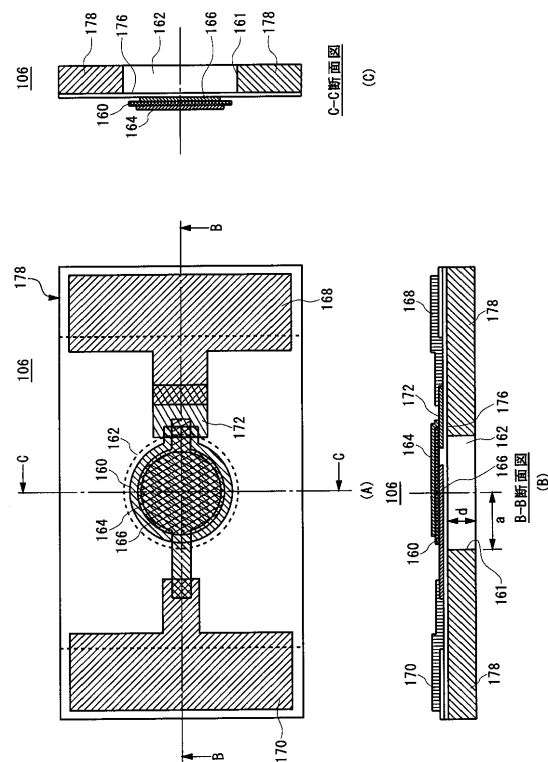
【図 6】



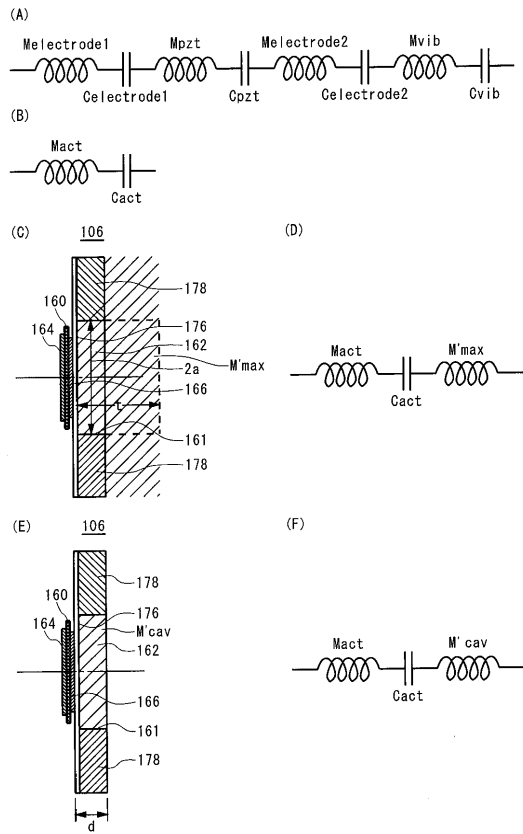
【図 7】



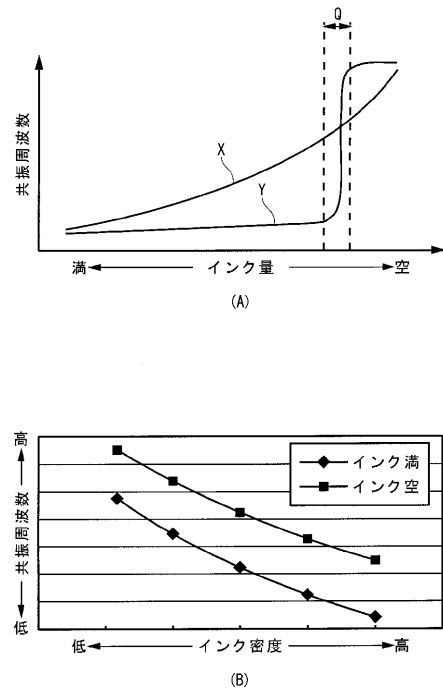
【図 8】



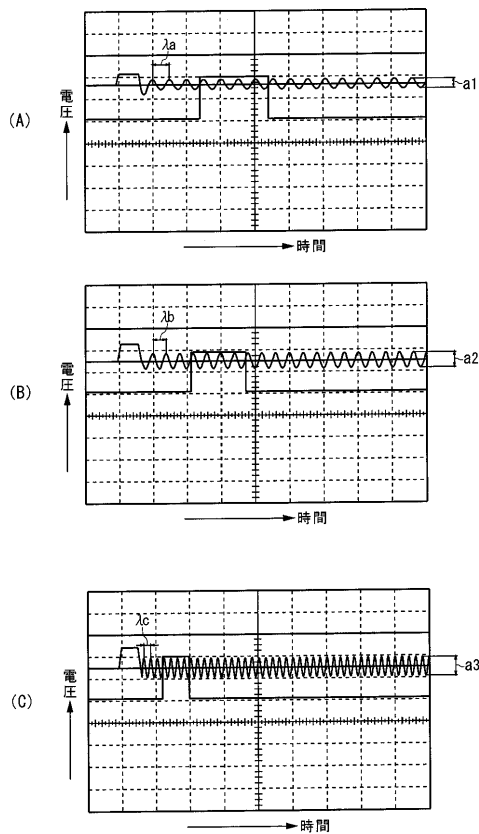
【図 9】



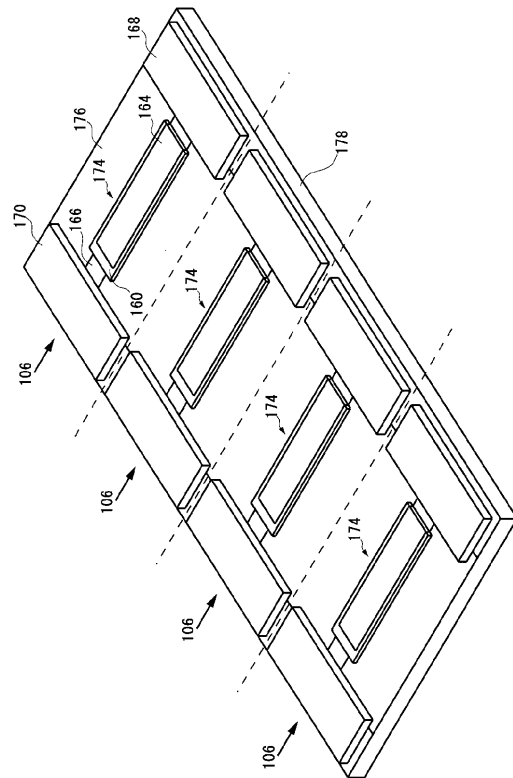
【図 10】



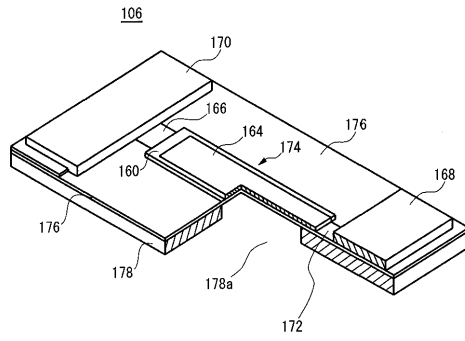
【図 11】



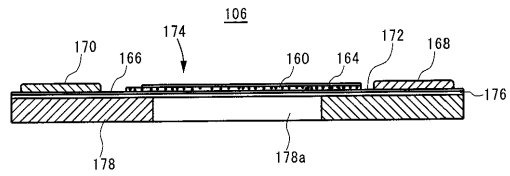
【図 12】



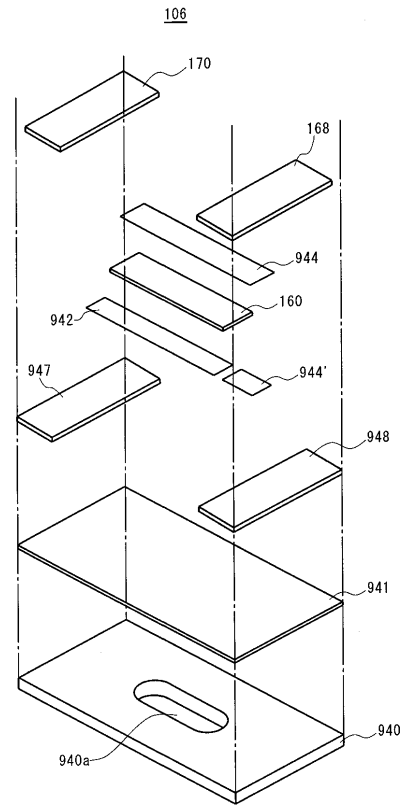
【図 13】



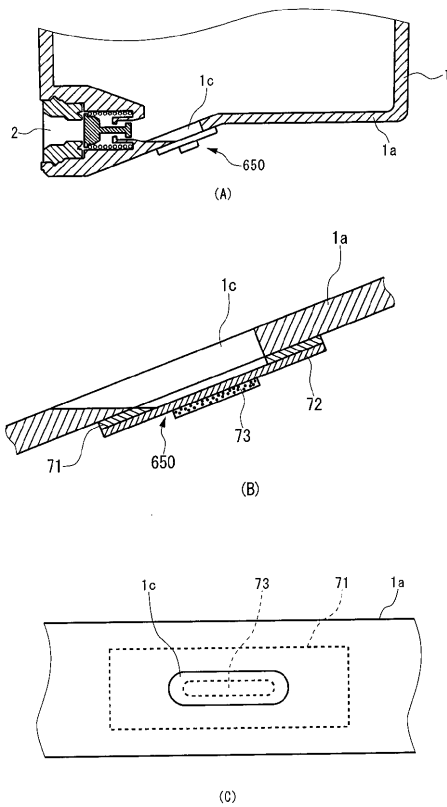
【図 14】



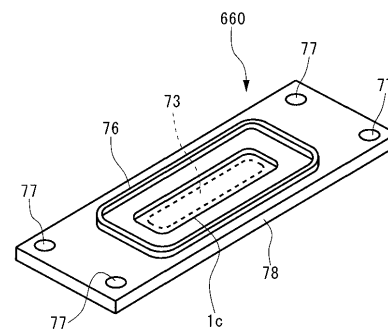
【図 15】



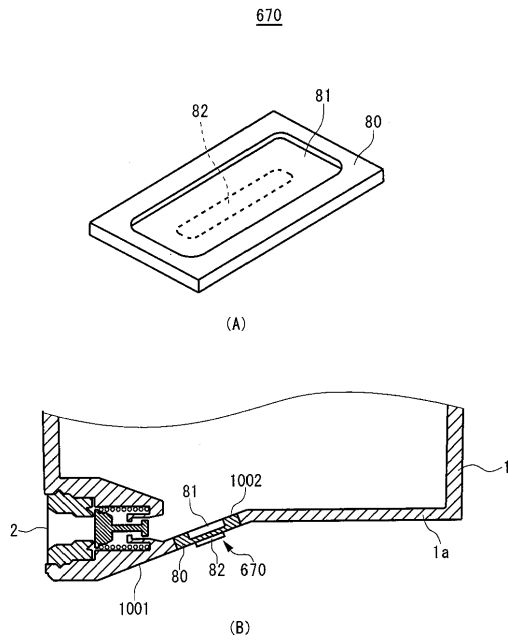
【図 16】



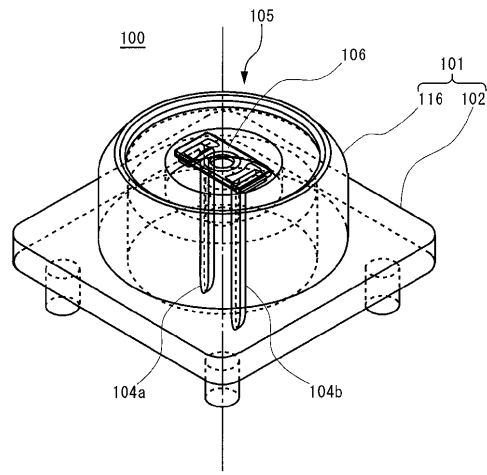
【図 17】



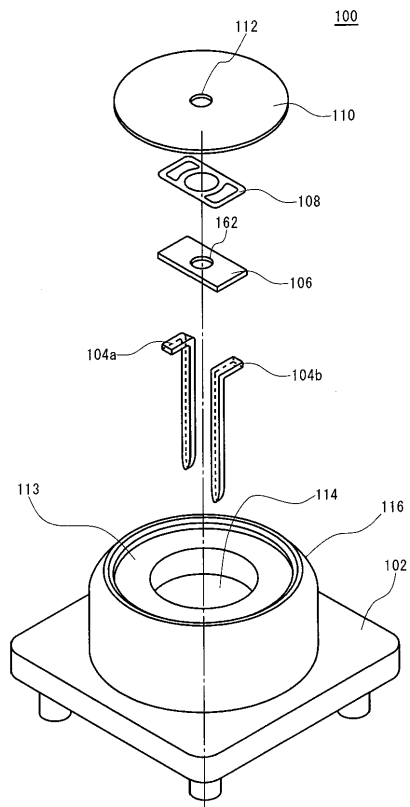
【図 18】



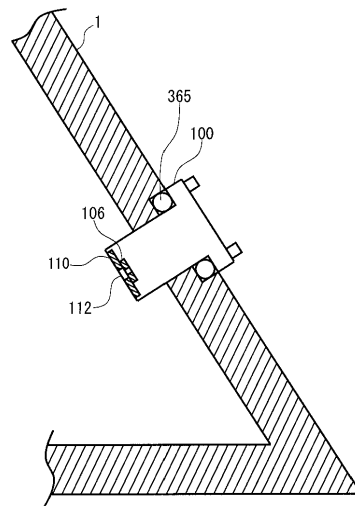
【図 19】



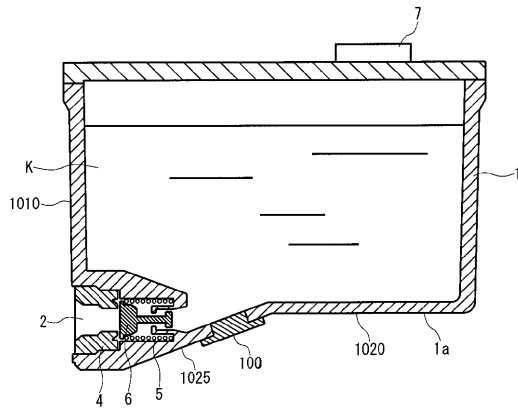
【図 20】



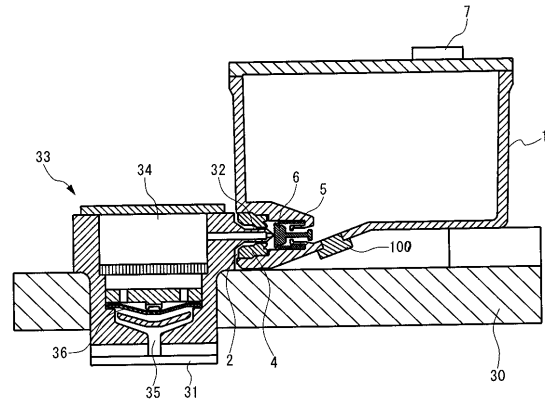
【図 21】



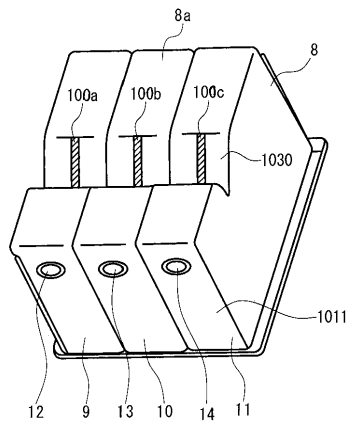
【図 2 2】



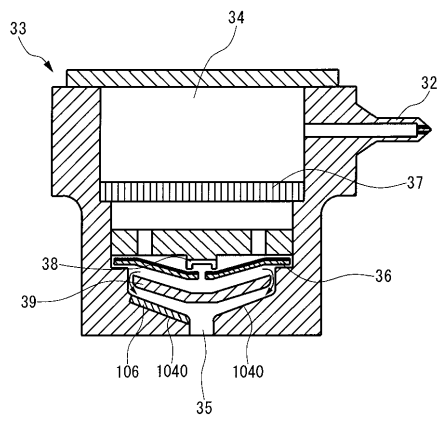
【図 2 4】



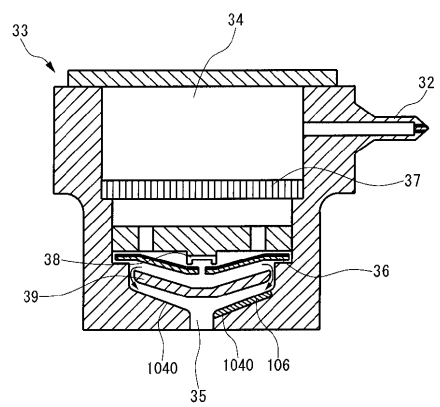
【図 2 3】



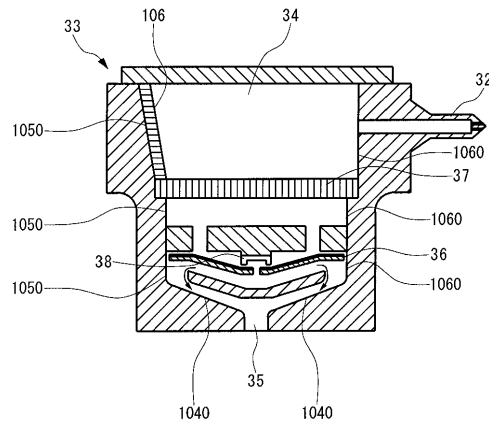
【図 2 5】



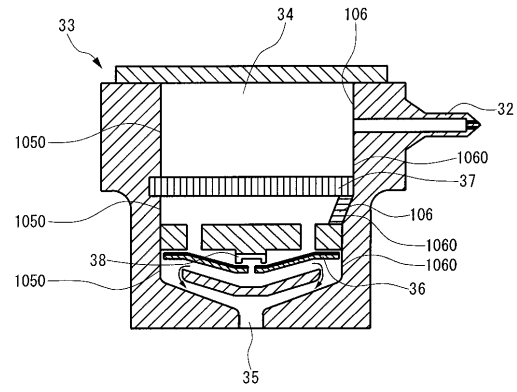
【図 2 6】



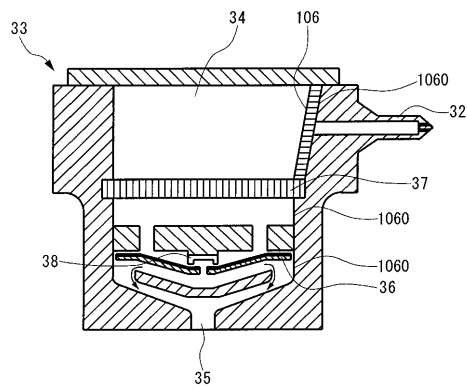
【図 27】



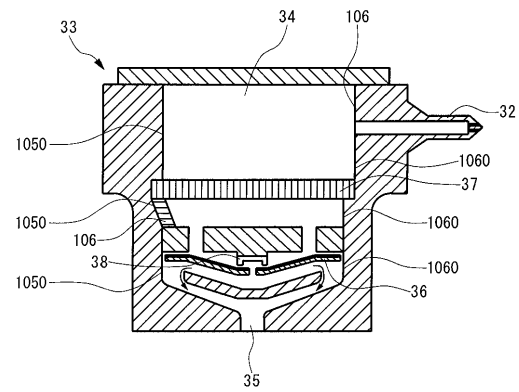
【図 29】



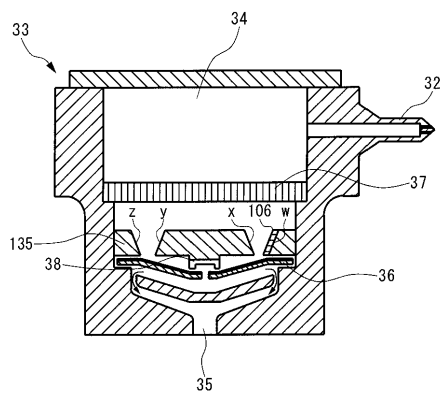
【図 28】



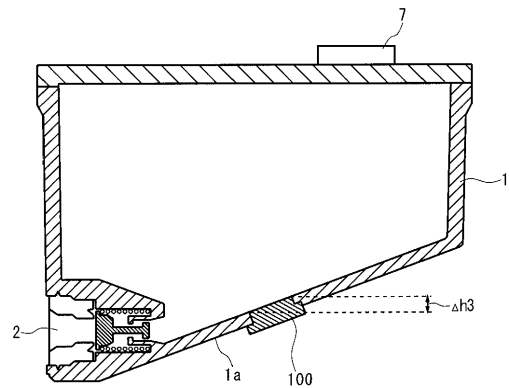
【図 30】



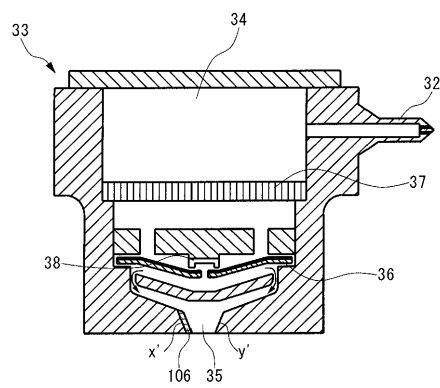
【図 31】



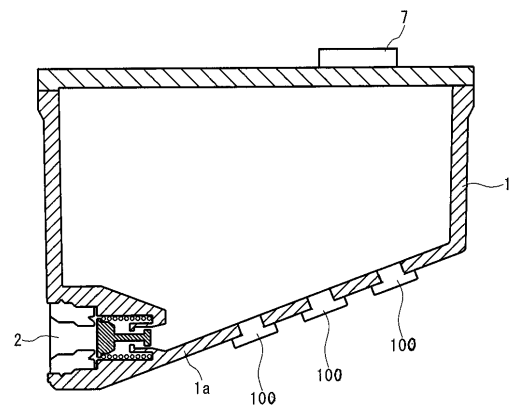
【図 33】



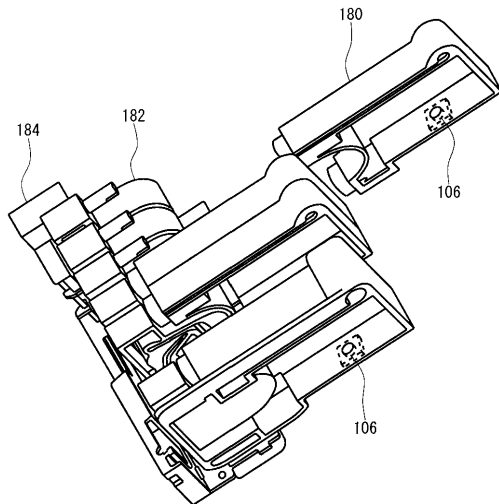
【図 32】



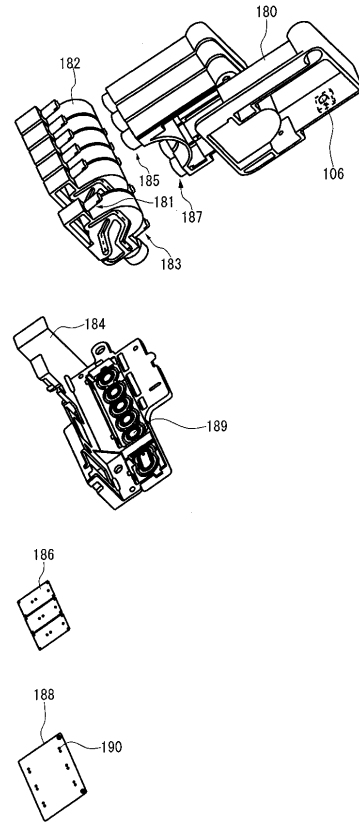
【図 34】



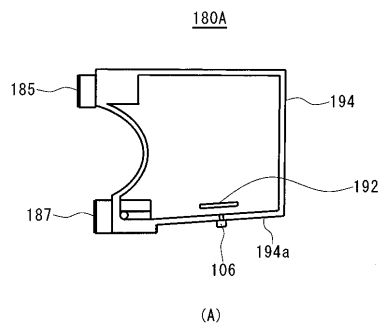
【図 35】



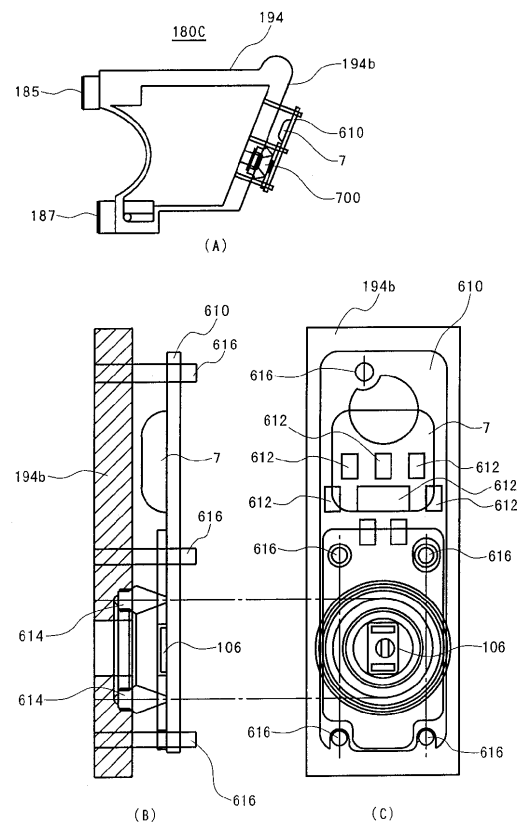
【図 36】



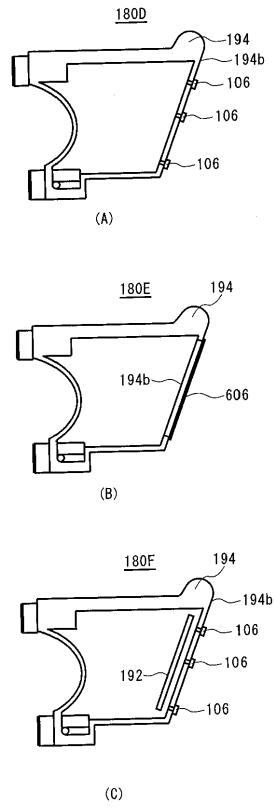
【図 37】



【図 38】



【 図 3 9 】



フロントページの続き

(51) Int.Cl. F I
H 0 1 L 41/09 (2006.01) H 0 1 L 41/08 U
H 0 1 L 41/08 (2006.01) H 0 1 L 41/08 C
H 0 1 L 41/187 (2006.01) H 0 1 L 41/08 Z
H 0 1 L 41/18 1 0 1 D

審査官 山口 陽子

(56) 参考文献 特開平 0 7 - 1 3 7 2 9 1 (J P , A)
実開昭 5 9 - 0 4 7 8 2 9 (J P , U)
特開平 1 0 - 3 0 5 5 9 0 (J P , A)

(58) 調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
B41J 2/175
G01F 23/28