



Espacenet

Bibliographic data: JP2006237247 (A) — 2006-09-07

## PIEZOELECTRIC ELEMENT AND PIEZOELECTRIC DEVICE

No documents available for this priority number.

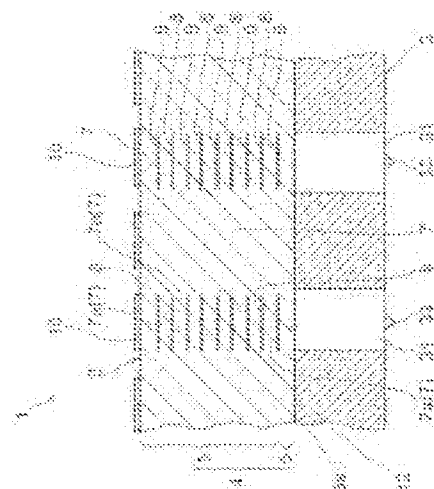
**Inventor(s):** SASAKI MASASHI ± (SASAKI MASASHI)**Applicant(s):** TDK CORP ± (TDK CORP)**Classification:** - international: **B41J2/045; B41J2/055; H01L41/083; H01L41/187; H01L41/22**

- cooperative:

**Application number:** JP20050049346 20050224**Priority number(s):** JP20050049346 20050224**Also published as:** JP5194333 (B2)

## Abstract of JP2006237247 (A)

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a piezoelectric element and a piezoelectric device in which deterioration in characteristics is suppressed when displacement of a piezoelectric layer is transmitted to liquid. **SOLUTION:** The piezoelectric device 1 comprises: a piezoelectric element 2; and a liquid circulating section 3 bonded to the bottom face of the piezoelectric element 2 and having a liquid chamber 31 for containing liquid. The piezoelectric element 2 consists of: an active region layer 5; and a displacement transmission layer 6 arranged on the underside of the active region layer 5. The active region layer 5 has: a piezoelectric layer 7; and a plurality of internal individual electrodes 8 and an internal common electrode 9 arranged oppositely while sandwiching the



piezoelectric layer 7 in order to displace the piezoelectric layer 7 over a plurality of layers. The internal electrode located on the lowermost side of the active region layer 5 is an internal common electrode 9.; The displacement transmission layer 6 is a layer for transmitting displacement of the piezoelectric layer 7 to liquid in the liquid chamber 31. On the end face 6a on the liquid circulating section 3 side of the displacement transmission layer 6, a conductive film 12 for applying a negative field to the liquid in the liquid chamber 31 is formed. ;  
COPYRIGHT: (C)2006,JPO&NCIPI

Last updated: 13.03.2013 Worldwide Database 5.8.11.1: 90p

(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2006-237247

(P2006-237247A)

(43) 公開日 平成18年9月7日(2006.9.7)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 41/083 (2006.01)	HO 1 L 41/08 Q	2C057
HO 1 L 41/187 (2006.01)	HO 1 L 41/18 1O1D	
HO 1 L 41/22 (2006.01)	HO 1 L 41/22 B	
B 4 1 J 2/045 (2006.01)	HO 1 L 41/22 Z	
B 4 1 J 2/055 (2006.01)	B 4 1 J 3/04 1O3A	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2005-49346 (P2005-49346)  
 (22) 出願日 平成17年2月24日 (2005.2.24)

(71) 出願人 000003067  
 TDK株式会社  
 東京都中央区日本橋一丁目13番1号

(74) 代理人 100088155  
 弁理士 長谷川 芳樹

(74) 代理人 100092657  
 弁理士 寺崎 史朗

(74) 代理人 100129296  
 弁理士 青木 博昭

(72) 発明者 佐々木 誠志  
 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 TDK株式会社内

Fターム(参考) 2C057 AF65 AG39 AG44 AG48 AG92  
 AG93 AG94 AP16 AP23 AP52  
 AP55 AP57 BA03 BA14

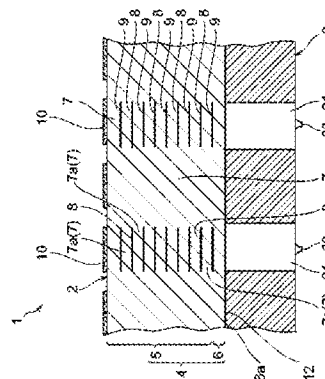
(54) 【発明の名称】 圧電素子及び圧電装置

(57) 【要約】

【課題】 圧電体層の変位を液体に伝達する場合の特性劣化を抑止することができる圧電素子及び圧電装置を提供する。

【解決手段】 圧電装置1は、圧電素子2と、圧電素子2の底面に接合され、液体を取容するための液室31を有する液体流通部3とを備えている。圧電素子2は、活性領域層5と、活性領域層5の下側に配置された変位伝達層6とからなっている。活性領域層5は、圧電体層7と、圧電体層7を挟んで対向するように配置され、圧電体層7を変位させるための複数の内部個別電極8及び内部コモン電極9とを複数層にわたって有している。活性領域層5の最下側に位置する内部電極は、内部コモン電極9である。変位伝達層6は、液室31内の液体に圧電体7の変位を伝える層である。変位伝達層6の液体流通部3側の端面6aには、液室31内の液体に負電界を印加するための導電膜12が形成されている。

【選択図】 図2



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

圧電体層と、  
前記圧電体層を挟んで対向するように配置され、前記圧電体層を変位動作させるための個別電極及びコモン電極と、

前記圧電体層に対して前記個別電極または前記コモン電極を介して積層され、前記圧電体層の変位を液体に伝える変位伝達層とを備え、

前記変位伝達層における前記圧電体層とは反対側の端面には、導電性を有する膜が形成されていることを特徴とする圧電素子。

## 【請求項2】

前記導電性を有する膜は、前記コモン電極と電気的に接続されていることを特徴とする請求項1記載の圧電素子。

## 【請求項3】

前記変位伝達層は、前記圧電体層と同じ材料で形成されていることを特徴とする請求項1または2記載の圧電素子。

## 【請求項4】

圧電体層と、  
前記圧電体層を挟んで対向するように配置され、前記圧電体層を変位動作させるための個別電極及びコモン電極と、

前記圧電体層に対して前記個別電極または前記コモン電極を介して積層され、前記圧電体層の変位を液体に伝える変位伝達層と、

前記変位伝達層に対して前記圧電体層の反対側に配置され、前記液体を収容するための液室を有する液体流通部とを備え、

前記変位伝達層の前記液体流通部側の端面における少なくとも前記液室に対応する部位には、導電性を有する膜が形成されていることを特徴とする圧電装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、圧電体層と電極とを備えた圧電素子及び圧電装置に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来の圧電素子としては、例えば特許文献1に記載されているような圧電アクチュエータが知られている。この文献に記載の圧電アクチュエータは、複数の駆動電極を有する圧電シートと、コモン電極を有する圧電シートと、各駆動電極に対する表面電極及びコモン電極に対する表面電極を有する絶縁シートとを積層して形成されている。このような圧電アクチュエータは、液体噴出用ノズル及び圧力室を有するキャビティープレートに対して積層される。

【特許文献1】特開2001-260349号公報

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0003】

しかしながら、上記従来技術においては、以下の問題点が存在する。即ち、キャビティープレート内の液体は、圧電アクチュエータにおける表面電極とは反対側の端面（変位伝達面）に直接接触することになる。このため、使用中に液体が変位伝達面から圧電アクチュエータ内に含浸し、絶縁不良等といった圧電アクチュエータの特性劣化を引き起こすこと

がある。

【0004】

本発明の目的は、圧電体層の変位を液体に伝達する場合の特性劣化を抑止することができる圧電素子及び圧電装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明者等は、鋭意検討を重ねた結果、液体が圧電素子内に含浸する原因の一つとして、液体が静電気等によって帯電されることで、素子内部の電極の方向へ液体が引き寄せられる、いわゆる電気浸透現象があることを見出した。そして、この液体の電気浸透現象について更に解析したところ、液体の帯電は必ずプラスになるため、液体がマイナスの電極の方向へと引き寄せられて圧電素子内に含浸することが分かった。そこで、本発明者等は、液体がプラスに帯電されることを防止すれば、液体の電気浸透現象を起こすことは無いと考え、更なる検討を行った。本発明は、そのような知見に基づいて為されたものである。

【0006】

即ち、本発明の圧電素子は、圧電体層と、圧電体層を挟んで対向するように配置され、圧電体層を変位動作させるための個別電極及びコモン電極と、圧電体層に対して個別電極またはコモン電極を介して積層され、圧電体層の変位を液体に伝える変位伝達層とを備え、変位伝達層における圧電体層とは反対側の端面には、導電性を有する膜が形成されていることを特徴とするものである。

【0007】

このような圧電素子を用いて液体の制御を行う場合は、例えば液体を収容するための液室を有する液体流通部を、変位伝達層に対して圧電体層の反対側に配置し、液体流通部の液室に液体を満たす。その状態で、個別電極とコモン電極との間に電圧が印加されると、圧電体層における個別電極とコモン電極とに挟まれた部分（圧電活性部）に電界が発生し、当該圧電活性部が伸縮（変位）し、その変位が変位伝達層を介して液体に伝達される。このとき、変位伝達層における圧電体層とは反対側の端面に形成された導電性を有する膜に、コモン電極と同じ電圧（接地電圧）を印加することにより、導電性を有する膜に接する液体にはマイナスの電界がかかるようになる。この場合には、液体がプラスに帯電されなくなるため、帯電した液体がコモン電極へ引き寄せられて圧電素子内に含浸するという電気浸透現象の発生が防止される。これにより、圧電素子の絶縁不良等を抑止することができる。

【0008】

好ましくは、導電性を有する膜は、コモン電極と電氣的に接続されている。この場合には、導電性を有する膜にリード線等を取り付けることなく、導電性を有する膜にコモン電極と同じ電圧を印加することができる。

【0009】

また、好ましくは、変位伝達層は、圧電体層と同じ材料で形成されている。この場合には、変位伝達層の材料を圧電体層の材料とは別に用意することなく、変位伝達層を圧電体層と同じようにして形成することができる。このため、圧電素子の製造を容易に行うことができる。

【0010】

本発明の圧電装置は、圧電体層と、圧電体層を挟んで対向するように配置され、圧電体層を変位動作させるための個別電極及びコモン電極と、圧電体層に対して個別電極またはコモン電極を介して積層され、圧電体層の変位を液体に伝える変位伝達層と、変位伝達層に対して圧電体層の反対側に配置され、液体を収容するための液室を有する液体流通部とを備え、変位伝達層の液体流通部側の端面における少なくとも液室に対応する部位には、導電性を有する膜が形成されていることを特徴とするものである。

【0011】

このような圧電装置においては、液体流通部の液室に液体が満たされた状態で、個別電

極とコモン電極との間に電圧が印加されると、圧電体層における個別電極とコモン電極とに挟まれた部分(圧電活性部)に電界が発生し、当該圧電活性部が伸縮(変位)し、その変位が変位伝達層を介して液体に伝達される。このとき、変位伝達層の液体流通部側の端面に形成された導電性を有する膜に、コモン電極と同じ電圧(接地電圧)を印加することにより、導電性を有する膜に接する液体にはマイナスの電界がかかるようになる。この場合には、液体がプラスに帯電されなくなるため、帯電した液体がコモン電極へ引き寄せられて圧電体層内に含浸するという電気浸透現象の発生が防止される。これにより、圧電装置の絶縁不良等を抑止することができる。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、圧電体層の変位を液体に伝達する場合の特性劣化を抑止することができる。これにより、変位伝達層と液体との間に別体の保護層となる隔壁等を特に設けなくても、圧電素子や圧電装置の信頼性を高めることが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下、本発明に係わる圧電素子及び圧電装置の好適な実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。

【0014】

図1は、本発明に係わる圧電素子を備えた圧電装置の一実施形態を示す斜視図であり、図2は、その圧電装置の一部側断面図である。各図において、本実施形態の圧電装置1は、例えばマイクロポンプユニットに用いられる液体制御用の圧電装置である。

【0015】

圧電装置1は、積層型の圧電素子2と、この圧電素子2の底面に接合された液体流通部3とを備えている。圧電素子2は直方体状の積層体4を有し、積層体4は、活性領域層5と、この活性領域層5の液体流通部3側に配置された変位伝達層6とからなっている。

【0016】

活性領域層5は、圧電体層7と、この圧電体層7を挟んで対向するように配置され、圧電体層7を伸縮(変位)動作させるための複数の内部個別電極8及び内部コモン電極9とを複数層にわたって有している。各内部個別電極層8及び内部コモン電極9は、圧電体層7を介して交互に積層されている。活性領域層5の最も下側に位置する内部電極は、内部コモン電極9となっている。圧電体層7において、各内部個別電極8と内部コモン電極9とに挟まれた複数の部位は、各内部個別電極8と内部コモン電極9との間に電圧が印加された時に実際に伸縮する圧電活性部7aを構成している。

【0017】

積層体4の上面には、各層の複数の内部個別電極8とそれぞれ電氣的に接続された複数の個別端子電極10と、各層の内部コモン電極9と電氣的に接続されたコモン端子電極11とが設けられている。

【0018】

圧電体層7は、例えばPZT(チタン酸ジルコン酸鉛)を主成分とした圧電セラミック材料で形成されている。内部個別電極8及び内部コモン電極9は、例えばAg及びPdで形成され、個別端子電極10及びコモン端子電極11は、例えばAg、Au、Cuのいずれかで形成されている。圧電体層7の厚みは、例えば20~50 $\mu\text{m}$ 程度である。内部個別電極8及び内部コモン電極9の厚みは、例えば0.2~5.0 $\mu\text{m}$ 程度である。

【0019】

このような活性領域層5に対して下側に積層された変位伝達層6は、液体流通部3内を流通する液体に圧電体7の圧電活性部7aの変位を伝える層であり、活性領域層5の最下側の内部コモン電極9を保護する機能を有している。変位伝達層6は、好ましくは圧電体層7と同じセラミック材料で形成されている。これにより、後述するように変位伝達層6を圧電体層7と同じ工程で作ることができるため、積層体4の製作が容易に行える。変位伝達層6の厚みは、例えば20~40 $\mu\text{m}$ 程度である。このとき、変位伝達層6を圧電体

層7よりも薄くすると、圧電体層7の変位が伝わりやすくなり効果的である。

【0020】

変位伝達層6は、活性領域層5と異なり、分極処理（後述）がなされていない層である。素子に対して分極処理を施すと、素子が歪んで粒界に隙間が形成されることがあるが、変位伝達層6を未分極層とすることで、そのような隙間が変位伝達層6に形成されることは無いため、変位伝達層6は液体が染み込みにくい構造となる。また、変位伝達層6の液体流通部3側の端面（変位伝達面）6aは、焼成（後述）後に、研磨等の機械的表面加工が施されていない状態の焼成面（自然面）であるのが望ましい。この場合には、機械的表面加工に起因した微細欠陥が変位伝達面6aに存在することは無いため、上記と同様に変位伝達層6に液体が浸透しにくくなる。

【0021】

変位伝達層6の変位伝達面6aには、液体流通部3内を流通する液体に負の電界を印加するための導電性を有する膜（以下、単に導電膜という）12が形成されている。導電膜12は、変位伝達層6の変位伝達面6aの略全体を覆っている（図8参照）。導電膜12は、Au、Ag、Cu等の金属や、導電性を有する高分子有機物（カーボン分散有機物等）で形成されている。導電膜12の厚みは、液体の浸透防止と活性領域層5の変位を阻害しないという観点から、例えば0.1～2.0μm程度であるのが望ましい。

【0022】

圧電素子2は、具体的には、図3に示すように、複数種類（ここでは5種類）のシート状の電極付きセラミック層13～17を所定の枚数（ここでは10枚）だけ積み重ねた構造を有している。圧電素子2における各層の内部個別電極8は、長方形の圧電体層7の上面に2次元的に配列されている。このとき、圧電体層7の短手方向に隣り合う内部個別電極8同士は、圧電体層7の長手方向にずれるように配列されている。これにより、圧電素子2の小型化及び高集積化に対処すべく、多数の内部個別電極8を高密度に配置した場合でも、圧電体層7の各圧電活性部7aの面積を確保することができる。

【0023】

電極付きセラミック層13は、図4に示すように、圧電体層7の上面に、上記の内部個別電極8に相当する複数の個別電極パターン18とコモン電極中継パターン19とを有している。コモン電極中継パターン19は、圧電体層7の上面の一端部に形成されている。また、電極付きセラミック層13には、各内部個別電極8と電気的に接続された複数のスルーホール20と、コモン電極中継パターン19と電気的に接続されたスルーホール21とが設けられている。スルーホール20、21内には、例えばAg及びPdからなる導電材料が充填されている。

【0024】

電極付きセラミック層14は、図5に示すように、上記の電極付きセラミック層13と同様に、圧電体層7の上面に、複数の個別電極パターン18とコモン電極中継パターン19とを有している。電極付きセラミック層14には、電極付きセラミック層13と同じスルーホール21が設けられているが、スルーホール20は設けられていない。

【0025】

電極付きセラミック層15は、図6に示すように、圧電体層7の上面に、上記の内部コモン電極9に相当するコモン電極パターン22と複数の個別電極中継パターン23とを有している。コモン電極パターン22は、各個別電極パターン18に対応する位置に形成された複数の電極パターン部22aと、コモン電極中継パターン19に対応する位置に形成された電極パターン部22bとを含んでいる。個別電極中継パターン23は、個別電極パターン18に対応する位置において電極パターン部22aと隣接するように形成されている。また、電極付きセラミック層15には、各個別電極中継パターン23と電気的に接続された複数のスルーホール24と、コモン電極パターン22と電気的に接続されたスルーホール25とが設けられている。スルーホール24、25内には、導電材料が充填されている。

【0026】

電極付きセラミック層16は、図7に示すように、変位伝達層6の上面に、上記の内部コモン電極9に相当するコモン電極パターン26を有している。コモン電極パターン26は、上記の電極付きセラミック層15と同じ電極パターン部22a、22bに加え、接続用電極パターン部26aを含んでいる。接続用電極パターン部26aは、変位伝達層6の上面における電極パターン部22bと同じ側の角部に形成されている。なお、接続用電極パターン部26aの形成位置としては、変位伝達層6の上面における電極パターン部22bの反対側であっても良い。また、電極付きセラミック層16には、コモン電極パターン26と電気的に接続されたスルーホール27が形成されている。スルーホール27は、変位伝達層6における接続用電極パターン部26aに対応する領域内に形成されている。スルーホール27内には、導電材料が充填されている。

【0027】

電極付きセラミック層16の下面には、図8に示すように、上記の導電膜12が変位伝達層6の略全面を覆うように形成されている。導電膜12は、スルーホール27を介してコモン電極パターン26と電気的に接続されている。

【0028】

電極付きセラミック層17は、図9に示すように、圧電体層7の上面に、上記の複数の個別端子電極10とコモン端子電極11とを有している。個別端子電極10は、上記の電極付きセラミック層15の個別電極中継パターン23に対応する位置に形成されている。コモン端子電極11は、上記の電極付きセラミック層13のコモン電極中継パターン19に対応する位置に形成されている。また、電極付きセラミック層17には、各個別端子電極10と電気的に接続された複数のスルーホール28と、コモン端子電極11と電気的に接続されたスルーホール29とが設けられている。スルーホール28、29内には、導電材料が充填されている。

【0029】

なお、電極付きセラミック層15のコモン電極パターン22としては、図6に示すように複数の電極パターン部22aと電極パターン部22bとに分離せずに、ベタ状構造としても良い。電極付きセラミック層16のコモン電極パターン26についても同様である。

【0030】

圧電素子2は、図3に示すように、上から順にセラミック層17、セラミック層15、セラミック層13、セラミック層15…セラミック層13、セラミック層15、セラミック層14及びセラミック層16を重ねた構造をなしている。そして、個別端子電極10は、セラミック層17のスルーホール28、セラミック層15の個別電極中継パターン23及びスルーホール24、セラミック層13の個別電極パターン18及びスルーホール20を介して、下から2層目のセラミック層14の個別電極パターン18と電気的に接続されている。また、コモン端子電極パターン11は、セラミック層17のスルーホール29、セラミック層15のコモン電極パターン22及びスルーホール25、セラミック層13のコモン電極中継パターン19及びスルーホール21、セラミック層14のコモン電極中継パターン19及びスルーホール21を介して、最下層のセラミック層16のコモン電極パターン26と電気的に接続されている。

【0031】

図1及び図2に戻り、各個別端子電極10及びコモン端子電極11には、電圧印加用のリード線30が半田等により接合されている。このリード線30は、例えばフレキシブルプリント配線板(FPC)で構成されている。

【0032】

このような圧電素子2の裏面側つまり変位伝達面6a側に位置する液体流通部3は、圧電体層7の変位が伝達される液体を取容するための複数の液室31を有している。各液室31は、各内部個別電極10に対応する位置に形成されている。液体流通部3の一端側には、各液室31に液体を導入するための液体流入口32が設けられている。また、液体流通部3の底部には、圧電体層7の変位が液体に伝わった時に液室31から液体を流出させる複数の液体流出口33が設けられている。液体流通部3は、ニッケル合金鋼やクロム合



金鋼等の金属系材料、樹脂、セラミック等で形成されている。

【0033】

次に、上述した圧電装置1を製造する手順について説明する。まず、圧電素子2を以下のように作製する。

【0034】

即ち、例えばPZTを主成分とした圧電セラミックを用意し、これに有機バインダ・有機溶剤等を混合したペーストを作製する。そして、PETフィルムをキャリアフィルムとしてペーストをシート成形することで、上記の圧電体層7及び変位伝達層6となるセラミックグリーンシートを形成する。

【0035】

続いて、例えばYAGの3次高調波レーザー光をグリーンシートの所定位置に対して照射して穴開けを行うことで、グリーンシートにスルーホールを形成する。このとき、スルーホールを、後述する焼成後に穴径が例えば40～50 $\mu$ mとなるように加工する。そして、例えばAg:Pd=7:3の比率で構成された導電材料と有機バインダ・有機溶剤等を混合した導電ペーストを作製し、例えばスクリーン印刷法によりスルーホール内に導電ペーストを充填する。

【0036】

続いて、例えば同様の導電ペーストを用いて、例えばスクリーン印刷法によりグリーンシートの一面に内部電極パターンを形成する。続いて、内部電極パターンが印刷されたグリーンシートを所定の枚数だけ所定の順序で積層する。そして、そのグリーン積層体に対し、例えば60℃程度の熱を加えながら100MPa程度の圧力でプレス加工を行い、各層のグリーンシートを圧着させる。その後、グリーン積層体を所定の寸法に切断する。

【0037】

続いて、グリーン積層体をセッターに載せ、グリーン積層体の脱脂（脱バインダ）を例えば400℃前後の温度で10時間程度行う。その後、グリーン積層体が載置されたセッターを密閉匣鉢内に入れ、グリーン積層体の焼成を例えば1100℃程度の温度で2時間程度行い、焼結体として上記の積層体4を得る。

【0038】

続いて、焼成後の積層体4の上面に、例えばAgからなる個別端子電極10及びコモン端子電極11を形成する。端子電極10、11の形成手法としては、焼付、スパッタリング、無電解メッキ法などが用いられる。続いて、積層体4の下面（変位伝達面）6aに、例えばAuからなる導電膜12を形成する。導電膜12の形成手法としては、スパッタリング、焼付、蒸着、無電解メッキ法などが用いられる。

【0039】

続いて、はんだ等により各端子電極10、11にリード線30を接続する。そして、例えば温度120℃の環境下で、圧電体層7の厚みに対する電界強度が3kV/mmとなるように所定の電圧を例えば3分間印加することにより、分極処理を行う。これにより、圧電セラミックアクチュエータとしての圧電素子2が完成する。

【0040】

その後、別に作製した液体流通部3を接着剤により圧電素子2の底面（変位伝達面）6aに貼り付けることにより、圧電装置1が得られる。

【0041】

以上のような圧電装置1において、液体流通部3の各液室31には予め液体が入っており、液体が圧電素子2の底面6aに接触している。その状態で、コモン端子電極11がGND電位となるように何れかの個別端子電極10とコモン端子電極11との間にリード線30を介して所定の電圧を印加すると、選択された個別端子電極10に対応する内部個別電極8と内部コモン電極9との間に電圧が印加されることとなる。これにより、各層の圧電体層7における当該内部個別電極8と内部コモン電極9との間の部位（圧電活性部7a）に電界が生じ、この圧電活性部7aが積層体4の積層方向に変位するようになる。そして、その圧電活性部7aの変位が、変位伝達層6を介して対応する液室31内の液体に伝

えられる。これにより、当該液室31の容積が減少し、その容積減少分に相当する量の液体が液体流出口33から吐出される。

【0042】

このとき、圧電素子2の底面6aに設けられた導電膜12は、スルーホール27を介して内部コモン電極9と電気的に接続されているので、導電膜12には、内部コモン電極9と同じGND電圧が印加されることになる。このため、導電膜12には負の電界がかかり、これに伴って導電膜12に接触している液体にも負の電界がかかるようになる。これにより、液室31内の液体が静電気等により正に帯電することが防止されるため、帯電した液体が電気浸透現象により内部コモン電極9に引き寄せられて圧電素子2内に浸透することが防止される。従って、液体の浸透による圧電素子2の絶縁抵抗の低下が抑えられるため、圧電素子2の特性劣化を引き起こすことを抑止できる。その結果、圧電素子2の信頼性を向上させることが可能となる。

【0043】

したがって、圧電素子2の絶縁不良等を避けるために、圧電素子2と液体流通部3との間に所定の厚さをもった隔壁を設ける必要がなくなる。このため、液体に対する圧電体層7の変位伝達が隔壁によって阻害されることは無いため、隔壁による伝達変位量のロス分を補うべく積層体4の層数を必要以上に増大させなくて済む。これにより、圧電素子2ひいては圧電装置1の小型化が図れると共に、これらの製造コストの上昇を抑えることができる。

【0044】

なお、本発明に係わる圧電素子及び圧電装置は、上記実施形態に限定されるものではない。例えば、上記実施形態の圧電素子2では、導電膜12と内部コモン電極9とを電気的につなぐためのスルーホール27を変位伝達層6に設けたが、図10に示すように、そのようなスルーホール27は必ずしも設けなくても良い。この場合には、導電膜12にリード線等を設け、内部コモン電極9及び導電膜12に同じ電圧を印加すれば良い。

【0045】

また、上記実施形態では、変位伝達層6の変位伝達面6aの略全面に導電膜12を形成したが、導電膜12は、変位伝達面6aにおける少なくとも液体流通部3の液室31に対応する部位に形成すれば良い。

【0046】

また、上記実施形態では、圧電体層7を複数積層した構造としたが、特に大きな変位量を必要としないのであれば、圧電体層7は単層であっても良い。また、各層の内部個別電極8の数や配列構成等については、特に上記実施形態のものには限られない。また、活性領域層5の最も下側に位置する内部電極としては、上記実施形態のような内部コモン電極9に限られず、内部個別電極8としても良い。

【0047】

さらに、上記実施形態では、変位伝達層6を圧電体層7と同じセラミック材料で形成したが、変位伝達層6を圧電体層7と異なるセラミック材料または樹脂等で形成しても構わない。

【0048】

また、各層の内部個別電極8同士及び各層の内部コモン電極9同士の電気的接続手段としては、上記実施形態のようなスルーホールに限られず、例えば積層体4の側面に形成された外部電極としても良い。

【実施例】

【0049】

(1) 実施例

まず、本発明に係わる圧電素子を30個用意し、これらに液体流通部を貼り合わせて圧電装置を形成した。そして、各圧電素子にリード線を取り付けて、端子電極に電圧を印加できる状態にした。続いて、圧電装置の液体流通部内に液体を充填し封印した。液体としては、純水を主成分とし、グリセリンとノンイオン系の界面活性剤を混合したものをを用い

た。続いて、圧電体層の厚み当たり1 kV/mmのDC電圧を全ての個別端子電極に同時に印加した。そして、圧電装置に対して定期的に静電気を印加した。

【0050】

こうして圧電装置を500時間連続的に駆動し、圧電素子の駆動前と駆動後の状態を確認した。具体的には、圧電装置の駆動開始から500時間経過後に、液体流通部から液体を排出し、圧電素子の絶縁抵抗を調べたところ、絶縁抵抗値が低下している圧電素子はなかった。

【0051】

(2) 比較例

比較例の圧電素子として、底面(変位伝達面)に導電膜が形成されていないものを30個用意し、圧電装置を形成した。そして、上記の実施例と同じようにして、圧電装置を500時間連続的に駆動した。その結果、17個の圧電素子に2~3桁の絶縁抵抗値の低下が見られた。これによって、本発明の効果が得られたものと判断した。

【図面の簡単な説明】

【0052】

【図1】本発明に係わる圧電素子を備えた圧電装置の一実施形態を示す斜視図である。

【図2】図1に示した圧電装置の一部側断面図である。

【図3】図2に示した圧電素子の分解斜視図である。

【図4】図3に示した電極付きセラミック層の一つを示す平面図である。

【図5】図3に示した電極付きセラミック層の他の一つを示す平面図である。

【図6】図3に示した電極付きセラミック層の更に他の一つを示す平面図である。

【図7】図3に示した電極付きセラミック層の更に他の一つを示す平面図である。

【図8】図7に示した電極付きセラミック層の底面図である。

【図9】図3に示した電極付きセラミック層の更に他の一つを示す平面図である。

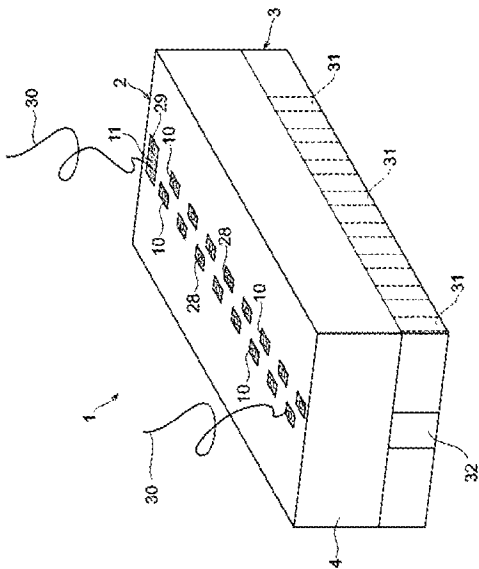
【図10】図7に示した電極付きセラミック層の変形例を示す平面図である。

【符号の説明】

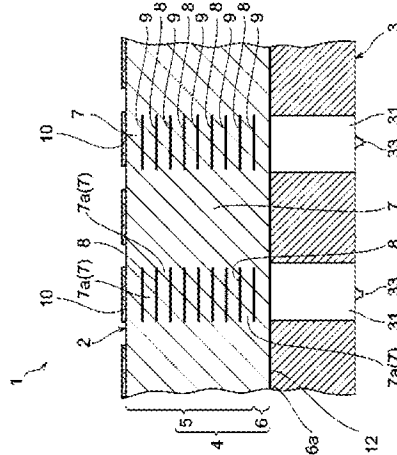
【0053】

1…圧電装置、2…圧電素子、3…液体流通部、6…変位伝達層、6a…変位伝達面(端面)、7…圧電体層、8…内部個別電極、9…内部コモン電極、12…導電膜(導電性を有する膜)、27…スルーホール、31…液室。

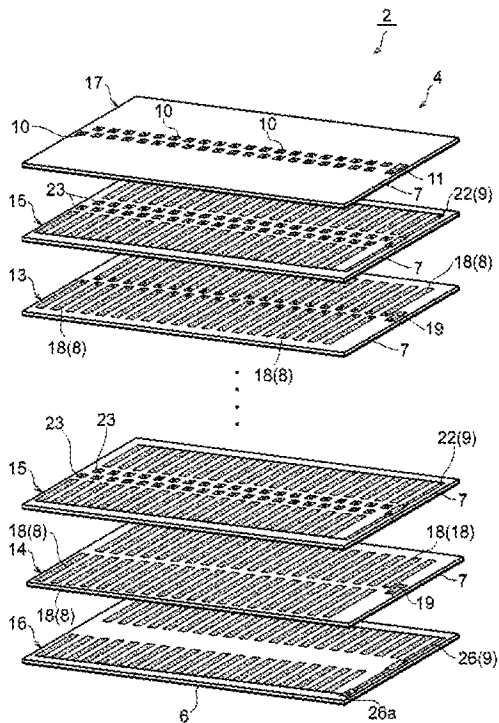
【図1】



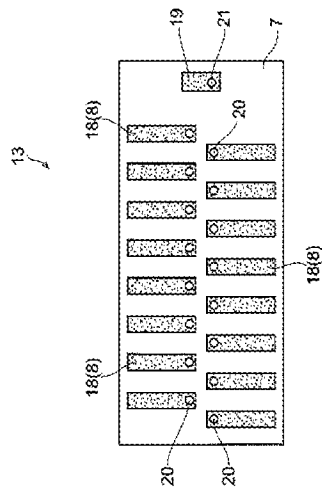
【図2】



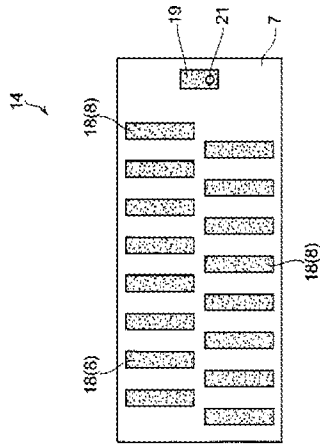
【図3】



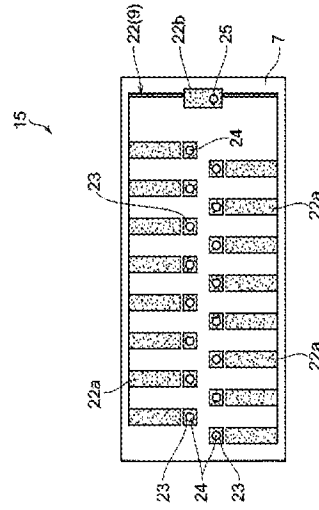
【図4】



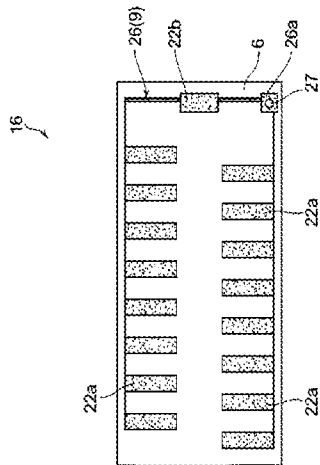
【図5】



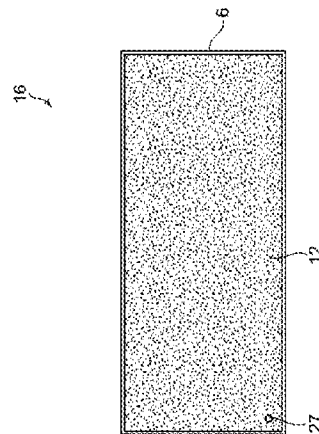
【図6】



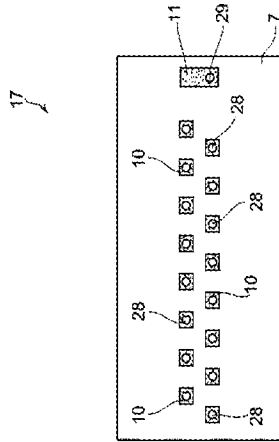
【図7】



【図8】



【図9】



【図10】

