

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4927400号
(P4927400)

(45) 発行日 平成24年5月9日(2012.5.9)

(24) 登録日 平成24年2月17日(2012.2.17)

(51) Int. Cl.	F I	
HO 1 L 41/22 (2006.01)	HO 1 L 41/22	B
HO 1 L 41/09 (2006.01)	HO 1 L 41/08	J
HO 1 L 41/187 (2006.01)	HO 1 L 41/18	1 O 1 D
HO 1 L 41/18 (2006.01)	HO 1 L 41/18	1 O 1 Z
B 4 1 J 2/16 (2006.01)	HO 1 L 41/22	Z
請求項の数 16 (全 15 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2005-373608 (P2005-373608)	(73) 特許権者	306037311 富士フイルム株式会社 東京都港区西麻布2丁目26番30号
(22) 出願日	平成17年12月26日(2005.12.26)	(74) 代理人	100110777 弁理士 宇都宮 正明
(65) 公開番号	特開2006-203190 (P2006-203190A)	(74) 代理人	100100413 弁理士 渡部 温
(43) 公開日	平成18年8月3日(2006.8.3)	(72) 発明者	二瓶 靖和 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士写真フイルム株式会社内
審査請求日	平成20年7月14日(2008.7.14)	審査官	桑原 清
(31) 優先権主張番号	特願2004-373637 (P2004-373637)		
(32) 優先日	平成16年12月24日(2004.12.24)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無機圧電体のポーリング処理方法、及び、圧電素子の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

無機圧電材料によって形成され第1の面に電極が形成されている圧電体の前記第1の面と対向する第2の面を除く圧電体の周囲に絶縁膜を配置する工程(a)と、
前記圧電体の前記第2の面上に、間隙を介して電荷供給手段を配置する工程(b)と、
前記圧電体の前記第2の面に電荷を供給することにより、前記圧電体内に電界を発生させる工程(c)と、
を具備する無機圧電体のポーリング処理方法。

【請求項2】

工程(c)が、前記電極と前記電荷供給手段との間に電圧を印加してコロナ放電を生じさせることにより、前記圧電体の前記第2の面に電荷を供給することを含む、請求項1記載の無機圧電体のポーリング処理方法。

10

【請求項3】

工程(c)が、イオン照射、又は、電子線照射を行うことにより、前記圧電体の前記第2の面に電荷を供給することを含む、請求項1記載の無機圧電体のポーリング処理方法。

【請求項4】

無機圧電材料によって形成された圧電体の第1の面上に電極を形成する工程(a)と、
前記圧電体の前記第1の面と対向する第2の面を除く圧電体の周囲に絶縁膜を配置する工程(b)と、

前記圧電体の前記第2の面上に、間隙を介して電荷供給手段を配置する工程(c)と、

20

前記圧電体の前記第 2 の面に電荷を供給することにより、前記圧電体内に電界を発生させてポーリング処理を施す工程 (d) と、
を具備する圧電素子の製造方法。

【請求項 5】

工程 (d) が、前記電極と前記電荷供給手段との間に電圧を印加してコロナ放電を生じさせることにより、前記圧電体の前記第 2 の面に電荷を供給することを含む、請求項 4 記載の圧電素子の製造方法。

【請求項 6】

工程 (d) が、イオン照射、又は、電子線照射を行うことにより、前記圧電体の前記第 2 の面に電荷を供給することを含む、請求項 4 記載の圧電素子の製造方法。

10

【請求項 7】

工程 (d) の後で、前記圧電体の上に第 2 の電極を形成する工程をさらに具備する請求項 4 ~ 6 のいずれか 1 項記載の圧電素子の製造方法。

【請求項 8】

基板の主面上に電極を形成する工程 (a) と、
前記電極上に、無機圧電材料によって形成された複数の圧電体を所定の配列で配置する工程 (b) と、

前記複数の圧電体の間に絶縁膜を配置する工程 (c) と、

前記複数の圧電体の前記電極側の第 1 の面と対向する第 2 の面上に、間隙を介して電荷供給手段を配置する工程 (d) と、

20

前記複数の圧電体の前記第 2 の面に電荷を供給することにより、前記複数の圧電体内に電界を発生させてポーリング処理を施す工程 (e) と、
を具備する圧電素子の製造方法。

【請求項 9】

工程 (b) が、圧電材料の粉体をノズルから前記電極が形成された基板に向けて噴射して、圧電材料を前記電極上に堆積させることにより、前記複数の圧電体を配置することを含む、請求項 8 記載の圧電素子の製造方法。

【請求項 10】

工程 (b) が、前記圧電材料の粉体をガスによって分散させることにより生成されたエアゾルを前記ノズルから噴射させることを含む、請求項 9 記載の圧電素子の製造方法。

30

【請求項 11】

工程 (e) が、前記電極と前記電荷供給手段との間に電圧を印加してコロナ放電を生じさせることにより、前記複数の圧電体の前記第 2 の面に電荷を供給することを含む、請求項 8 ~ 10 のいずれか 1 項記載の圧電素子の製造方法。

【請求項 12】

工程 (e) が、イオン照射、又は、電子線照射を行うことにより、前記複数の圧電体の前記第 2 の面に電荷を供給することを含む、請求項 8 ~ 10 のいずれか 1 項記載の圧電素子の製造方法。

【請求項 13】

工程 (e) の後で、前記複数の圧電体の上に複数の第 2 の電極をそれぞれ形成する工程をさらに具備する請求項 8 ~ 12 のいずれか 1 項記載の圧電素子の製造方法。

40

【請求項 14】

前記電荷供給手段が、前記複数の圧電体に対応する複数の針状の放電部を有する、請求項 8 ~ 13 のいずれか 1 項記載の圧電素子の製造方法。

【請求項 15】

前記圧電素子が、インクジェットプリンタの印字部においてインクを吐出する液体吐出ヘッドに用いられる圧電アクチュエータであって、

工程 (b) が、1 mm 角以下の第 1 の面を各々が有する複数の圧電体を 1 mm 以下の間隔で配置することを含む、

請求項 8 ~ 14 のいずれか 1 項記載の圧電素子の製造方法。

50

【請求項 16】

前記基板が 30 μm 以下の厚さを有する、請求項 15 記載の圧電素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、無機材料によって形成された圧電体に対してポーリング処理を施す方法に関する。また、本発明は、そのようなポーリング処理方法を適用した圧電素子の製造方法に関し、特に、インクジェットプリンタの印字部においてインクを吐出する液体吐出ヘッド（インクジェットヘッド）等に用いられる圧電アクチュエータの製造方法に関する。

【背景技術】

10

【0002】

図 8 及び図 9 を参照しながら、インクジェットプリンタにおいてインクを吐出する液体吐出ヘッドの一般的な構造について説明する。図 8 は、インクジェットプリンタの印字部の周辺を示す平面図である。図 8 に示すように、印字部 100 は、ローラ 102 及び 103 に掛け渡されたベルト 104 に吸着保持されている記録紙 101 の上部に配置されている。記録紙 101 は、制御信号に従って駆動されるローラ 102 及び 103 及びベルト 104 により、矢印の方向に送られる。

【0003】

印字部 100 は、インクを吐出する複数の液体吐出ヘッド 100a ~ 100d を含んでいる。これらの液体吐出ヘッド 100a ~ 100d は、記録紙 101 の紙幅に対応する長さ 20 を有するライン型ヘッドである。液体吐出ヘッド 100a ~ 100d の各々は、記録紙 101 の紙送り方向に対して直交する方向に配置された複数のノズル部を含んでおり、供給される制御信号に従って、黒、シアン、マゼンタ、イエローのインクをそれぞれ吐出する。

印字検出部 105 は、印字部 100 による印字結果を撮像するためのラインセンサを含んでおり、ラインセンサによって読み取られた画像に基づいて、ノズルの目詰まり等の吐出不良を検出する。

【0004】

図 9 は、液体吐出ヘッドにおけるインク吐出機構を説明するための図であり、液体吐出ヘッドの断面の一部を示している。図 9 に示すように、液体吐出ヘッドは、ノズルプレート 110 と、ノズルプレート 110 上の空間を複数の領域に仕切る隔壁 111 と、隔壁 111 上に配置されている振動板 112 とを含んでいる。このノズルプレート 110 と、隔壁 111 と、振動板 112 とによって、複数の圧力室 113 が形成される。この圧力室 113 には、複数の色のインクが充填される。また、ノズルプレート 110 の面内には、複数の圧力室 113 に対応して、複数の吐出口（ノズル部） 114 が形成されている。さらに、振動板 112 上には下部電極 115 が形成されており、その上には、複数の圧電体 116 が複数の圧力室 113 に対応して配置されている。これらの圧電体 116 の各々の上には、上部電極 117 が形成されている。なお、図 9 においては、説明を簡単にするために、各圧力室 113 にインクを補給するための機構は省略されている。

30

【0005】

40

印字を行う場合には、制御信号に従って下部電極 115 及び上部電極 117 に電圧を印加する。それにより、圧電体 116 が圧電効果により伸縮して、振動板 112 が変形する。その結果、圧力室 113 の容積が変化するので、内部に充填されているインクが加圧されて吐出口 114 から滴下する。

【0006】

近年、プリンタの解像度を高くして画質を向上させるために、液体吐出ヘッドの高集積化が進められており、それに伴い液体吐出ヘッドを駆動する圧電体についても、微細化及び高集積化、並びに、性能の向上が望まれている。

【0007】

ところで、圧電体を作製するためには、エピタキシャル成長法やスパッタ法等により成 50

膜と同時に分極される場合を除いて、分極処理（ポーリング処理）を施すことが必須となっている。ポーリング処理とは、圧電体に電界を印加することにより、結晶中の電気双極子の向きを揃える処理のことである。一般的に、ポーリング処理は、圧電体の向かい合う2つの面に電極を形成し、それらの電極間に電圧を供給して圧電体に電界を印加することによって行われる。

【0008】

また、液体吐出ヘッドにおけるように、多数の圧電体を含む圧電アクチュエータについては、予め圧電体を配列させた状態でポーリング処理が施される。即ち、図10の(a)に示すように、下部電極121が形成された基板120上に複数の圧電体122を配置し、さらに、各圧電体122に上部電極123を形成する。そして、上部電極123及び下部電極121から配線124を引き出して、それらの電極間に電圧を供給する。

10

【0009】

圧電体に十分な性能を付与するためには、抗電界以上の強さを有する電界を圧電体に印加することが必要である。しかしながら、それにより圧電体の端部において側面リークが発生する場合がある。そのため、図10の(b)に示すように、通常、ポーリング処理は、電極が形成された圧電体を絶縁オイル（例えば、シリコンオイル）125に浸漬した状態で行われる。

【0010】

このようなポーリング処理方法においては、次のような問題が生じている。即ち、ポーリング処理用の配線が、圧電体駆動用の配線を兼用する場合には、配線に高電圧を印加することによって配線不良を招いたり、反対に、配線不良を生じさせないために十分な電圧を印加しないことによって、圧電体の性能を高くすることができなくなってしまう。また、ポーリング処理が終了した後で圧電体駆動用の配線を形成する場合には、工程が煩雑となってしまう。さらに、ポーリング処理後のオイル洗浄工程は必須であり、それがコスト上昇の一因となっている。また、複数の圧電体を並列に接続することにより一括してポーリング処理を行うと、1つの圧電体においてリークが発生した場合に、そのリーク領域に電荷が集中してしまうので、それ以外の圧電体に対してポーリング処理を施すことができなくなってしまう。

20

【0011】

ところで、高分子材料等の有機材料を用いた圧電体においては、圧電体に直接電極を形成することなくポーリング処理を行う方法が用いられている。関連する技術として、特許文献1には、圧電性及び焦電性が大きく、且つ、安定な高分子フィルムを製造するために、ポリ弗化ビニリデン系樹脂からなるフィルムの少なくとも一方の面の電極を針状電極とし、該フィルムを80以下の温度で延伸しながらコロナ放電により分極処理する圧電性、焦電性フィルムの製造方法が開示されている。

30

【0012】

また、特許文献2には、基板上への対向電極と該対向電極間へのポリ尿素膜の形成に引き続いてポリ尿素膜へのポーリング処理を連続的に行ってポリ尿素膜に導電や粉塵のない有機焦電圧電体を容易にかつ能率よく製造するために、基板上に積層状の対向電極と、該対向電極間にポリ尿素膜を連続的に形成し、その後、電界が印加された空間域中で、或いは対向電極にポーリング電極をコンタクトさせながら、ポリ尿素にポーリング処理を施して有機焦電圧電体を製造する方法及び装置が開示されている。

40

【0013】

さらに、無機材料のポーリング処理については、特許文献3に、非線形光学効果を有する強誘電体に、所定周期のドメイン反転構造を深さ方向に均一に、かつ再現性良く形成するために、単分極化された非線形光学効果を有する強誘電体である $MgO-LiNbO_3$ 基板の一表面に所定パターンの電極を形成し、これらの電極と、上記一表面と反対の表面側に配したコロナワイヤーとにより基板をコロナ帯電させてそこに電場を印加し、該基板の電極に対向する部分を局部的なドメイン反転部とする際に、電極が形成された基板の一表面側に容器をあてがい、それにより画成された閉空間内を真空ポンプによって真空状態

50

に保つ一方、この一表面と反対の表面側は真空状態としないで上記電場を印加する強誘電体ドメイン反転構造形成方法及び装置が開示されている。

【特許文献1】特開昭55-157801号公報(第1頁)

【特許文献2】特開平5-226705号公報(第1頁、図1)

【特許文献3】特開平7-72521号公報(第1頁、図1)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

一般に、圧電定数は、有機圧電材料と比較して、無機圧電材料の方が圧倒的に高い。そのため、液体吐出ヘッドにおけるもののように、トルクが高い圧電アクチュエータを必要とする場合には、無機圧電材料しか用いることができない。しかしながら、無機圧電材料について、効率の良いポーリング処理方法は、未だ実現されていない。

10

【0015】

そこで、上記の点に鑑み、本発明は、圧電アクチュエータ等として用いられる圧電素子の製造において、無機圧電材料によって形成された圧電体に対して施されるポーリング処理を効率的に行うことを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0016】

上記課題を解決するため、本発明の1つの観点に係る無機圧電体のポーリング処理方法は、無機圧電材料によって形成され第1の面に電極が形成されている圧電体の第1の面と対向する第2の面を除く圧電体の周囲に絶縁膜を配置する工程(a)と、圧電体の第2の面上に、間隙を介して電荷供給手段を配置する工程(b)と、圧電体の第2の面に電荷を供給することにより、圧電体内に電界を発生させる工程(c)とを具備する。

20

【0017】

また、本発明の第1の観点に係る圧電素子の製造方法は、無機圧電材料によって形成された圧電体の第1の面上に電極を形成する工程(a)と、圧電体の第1の面と対向する第2の面を除く圧電体の周囲に絶縁膜を配置する工程(b)と、圧電体の第2の面上に、間隙を介して電荷供給手段を配置する工程(c)と、圧電体の第2の面に電荷を供給することにより、圧電体内に電界を発生させてポーリング処理を施す工程(d)とを具備する。

【0018】

30

さらに、本発明の第2の観点に係る圧電素子の製造方法は、基板の主面上に電極を形成する工程(a)と、電極上に、無機圧電材料によって形成された複数の圧電体を所定の配列で配置する工程(b)と、複数の圧電体の間に絶縁膜を配置する工程(c)と、複数の圧電体の電極側の第1の面と対向する第2の面上に、間隙を介して電荷供給手段を配置する工程(d)と、複数の圧電体の第2の面に電荷を供給することにより、複数の圧電体内に電界を発生させてポーリング処理を施す工程(e)とを具備する。

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、電荷供給手段により圧電体に非接触で電荷を供給することによって圧電体に電界を印加するので、各圧電体に片方の電極を形成する必要がなくなる。また、側面リークが生じ難くなるので、絶縁オイルを使用しないで、大気中においてポーリング処理を行うことが可能になる。従って、ポーリング処理用の電極を形成したり配線を引き出す工程や、絶縁オイルの洗浄工程が不要となり、圧電素子の製造工程を大幅に簡略化することができる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下、本発明を実施するための最良の形態について、図面を参照しながら詳しく説明する。なお、同一の構成要素には同一の参照番号を付して、説明を省略する。

図1は、本発明の第1の実施形態に係るポーリング処理方法を含む圧電素子の製造方法を説明するための図である。本実施形態においては、基板上に配列されている状態の複数

50

の圧電素子（アレイ状の圧電素子）を製造する。ここで、無機材料を用いた圧電素子は高トルクを発生することができるので、本実施形態により製造されるアレイ状の圧電素子は、インクジェットプリンタにおいて用いられる液体吐出ヘッド用の圧電アクチュエータとして利用することができる。

【0021】

まず、図1の(a)に示すように、所定の厚さを有する基板10を用意し、基板10上に、スパッタ法等の公知の方法により下部電極11を形成する。基板10としては、製造されたアレイ状の圧電素子の使用目的に応じて、適切なものが選択される。例えば、液体吐出ヘッド用の圧電アクチュエータを製造する場合には、基板10を振動させる必要があるため、厚さが30 μ m以下の薄いシリコン(Si)基板を用意する。この他に、SUS(ステンレス鋼)、ガラス、酸化珪素(SiO₂)、アルミナ(Al₂O₃)、ジルコニア(ZrO₂)等の基板を用いても良い。

10

【0022】

次に、下部電極11上に、無機圧電材料によって形成された複数の圧電体12を、所定のパターンとなるように配置する。本実施形態においては、エアロゾルデポジション(aerosol deposition: AD)法を用いた成膜により、PZT(チタン酸ジルコン酸鉛:Pb(lead) zirconate titanate)を含む圧電体12を、下部電極11上に直接形成する。ここで、AD法とは、圧電材料等の成膜材料の粉体を含むエアロゾルをノズルから基板等に向けて噴射して粉体を基板等に衝突させることにより、基板等の上に成膜材料を堆積させる成膜方法である。ここで、エアロゾルとは、気体中に浮遊している固体や液体の微粒子のことを言う。AD法におけるエアロゾルに含まれる微粒子の径は、成膜材料の種類や基板材料との関係等により様々であるが、本実施形態のようにPZT膜を形成する場合には、粒子径を0.1 μ m~10 μ m程度とすることが好ましい。このようなエアロゾルは、後述するように、粉体をガスによって分散させることにより生成される。AD法によれば緻密且つ強固な厚膜を形成することができるので、圧電素子の性能を向上させることができる。なおAD法は、ガスデポジション法又は噴射堆積法とも呼ばれている。

20

【0023】

図2は、AD法を用いた成膜装置を示す模式図である。図2に示すように、この成膜装置は、ガスポンベ1と、搬送管2a及び2bと、エアロゾル生成室3と、成膜室4と、排気ポンプ5と、噴射ノズル6と、基板ホルダ7とを含んでいる。

30

【0024】

ガスポンベ1には、キャリアガスとして使用される窒素(N₂)、酸素(O₂)、ヘリウム(He)、アルゴン(Ar)、又は、乾燥空気等が充填されている。また、ガスポンベ1には、キャリアガスの供給量を調節するための圧力調整部1aが設けられている。

【0025】

エアロゾル生成室3は、成膜材料の粉体(以下において、原料粉ともいう)が配置される容器である。ガスポンベ1から搬送管2aを介して、エアロゾル生成室3にキャリアガスを導入することにより、そこに配置された原料粉が噴き上げられて分散する。そのようにして生成されたエアロゾルは、搬送管2bを介して噴射ノズル6に供給される。また、エアロゾル生成室3は、エアロゾル生成室3に振動等を与えることにより、その内部に配置された原料粉を攪拌するための容器駆動部3aが設けられている。

40

【0026】

成膜室4の内部は、排気ポンプ5によって排気されており、それによって所定の真空度に保たれている。

噴射ノズル6は、所定の形状及び大きさ(例えば、長辺が5mmで短辺が0.5mm程度の長方形)の開口を有しており、エアロゾル生成室3から供給されたエアロゾルを基板10に向けて高速で噴射する。それにより、エアロゾル化した原料粉が、基板や基板上に形成された堆積物(以下において、「下層」という)に衝突して破碎する。その際に原料粉に生じた破碎面が下層に付着することにより、成膜が為される。このような成膜メカニズムは、メカノケミカル反応と呼ばれている。

50

【 0 0 2 7 】

基板ホルダ 7 は、基板 1 0 を保持している。また、基板ホルダ 7 には、基板ホルダ 7 を 3 次元的に移動させるための基板ホルダ駆動部 7 a が設けられている。これにより、噴射ノズル 6 と基板 1 0 との相対位置及び相対速度が制御される。

【 0 0 2 8 】

このような成膜装置において、パターン成膜を行う場合には、予め基板 1 0 上に、所望のパターンとなるようにレジストを形成しておいても良いし、所望の開口パターンが形成されたメタルマスクを用いても良い。後者の場合には、基板ホルダ 7 上にマスクホルダをさらに設けても良い。液体吐出ヘッド用の圧電アクチュエータを製造する場合には、例えば、各圧電体 1 2 の底面の 1 辺が 1 m m 以下となるように開口パターンを形成する。

10

【 0 0 2 9 】

図 2 に示す成膜装置において、P Z T 等の圧電材料の粉体をエアロゾル生成室 3 に配置すると共に、下部電極 1 1 (図 1) が形成された基板 1 0 を基板ホルダ 7 にセットする。そして、成膜装置を駆動することにより、下部電極 1 1 上に圧電膜が所望のパターンで形成される。

なお、図 1 の (a) に示す圧電体 1 2 は、A D 法以外の成膜方法 (例えば、スパッタ法等) を用いて形成しても良いし、グリーンシート法等を用いて作製された焼結バルク材を下部電極 1 1 上に配置することによって形成しても良い。

【 0 0 3 0 】

次に、望ましくは、図 1 の (b) に示すように、複数の圧電体 1 2 の間にレジストを塗布することにより、絶縁膜 1 3 を配置する。その際には、圧電体 1 2 の上面にレジストが付着しないようにする。この絶縁膜 1 3 は、隣接する圧電体 1 2 の側面リークを効果的に防止するために設けられる。

20

【 0 0 3 1 】

次に、基板 1 0 上に配置された複数の圧電体 1 2 について、大気中において一括してポーリング処理を施す。そのために、図 1 の (c) に示すように、複数の圧電体 1 2 上に間隙を介してコロナワイヤー 2 0 を配置し、電源装置 3 0 を下部電極 1 1 及びコロナワイヤー 2 0 に接続する。このコロナワイヤー 2 0 は、下部電極 1 1 とコロナワイヤー 2 0 との間に電源装置 3 0 から高電圧が印加された際に、対向して配置されている複数の圧電体 1 2 に正又は負の電荷を供給する電荷供給手段に相当する。

30

【 0 0 3 2 】

コロナワイヤー 2 0 は、例えば、タングステン (W) を金 (A u) によってコーティングしたものである。下部電極 1 1 とコロナワイヤー 2 0 との間に高電圧が印加されることによってコロナ放電が生じ、各圧電体 1 2 のコロナワイヤー 2 0 側の面に電子が照射される。その結果、圧電体 1 2 の表面が負に帯電し、それによって生じる電界が圧電体 1 2 に印加される。圧電体 1 2 に印加される電界強度は、例えば、1 k V / m m ~ 5 0 k V / m m 程度が適切であり、圧電体 1 2 の組成や、気温等に応じて調節される。

【 0 0 3 3 】

ここで、コロナワイヤー 2 0 と圧電体 1 2 との距離が短い場合には、圧電体 1 2 に印加される電界の強度が全体としては強くなるが、不均一になり易い。そのため、圧電体 1 2 の位置に適切な強度を有する均一な電界が形成されるように、コロナワイヤー 2 0 の位置を調節することが望ましい。

40

この状態を所定時間 (例えば、1 0 分以上、望ましくは、1 0 分 ~ 3 0 分程度) 保つことにより、圧電体 1 2 にポーリング処理が施される。

【 0 0 3 4 】

次に、複数の圧電体 1 2 が配置された基板 1 0 を、アセトン等の有機溶剤に浸漬することにより、絶縁膜 1 3 を除去する。次に、図 1 の (d) に示すように、各圧電体 1 2 の上面に、スパッタ法等の公知の方法により上部電極 1 4 を形成する。これらの下部電極 1 1 、圧電体 1 2 、及び、上部電極 1 4 が、供給される駆動信号に従って基板 1 0 等を振動させる圧電素子 1 5 を構成する。さらに、圧電素子 1 5 に駆動信号を供給するための配線を

50

形成する。

【0035】

以上説明したような圧電素子の製造方法を用いて圧電アクチュエータを作製した。基板10としては30 μm 以下のシリコン基板を用い、圧電体12の材料としてはPZTを用いた。また、各圧電体12のサイズを300 μm 角、厚さを10 μm とし、そのような複数の圧電体12を100 μm 間隔で50 \times 50のマトリクス状に配置した。

【0036】

上記のように2次元的に配列された複数の圧電体12に対し、コロナワイヤー20により一括してコロナ放電を生じさせたところ、大気中においても側面リークを生じさせることなく、複数の圧電体12にポーリング処理を施すことができた。また、圧電アクチュエータの動作を検査したところ、複数の圧電体12において均一な変位が観察された。それにより、複数の圧電体12が均一にポーリング処理されたことが確認できた。

10

【0037】

次に、本発明の第2の実施形態に係るポーリング処理方法について、図3を参照しながら説明する。

本実施形態においては、第1の実施形態において用いられたコロナワイヤー20の替わりに、図3に示す針状の放電部を有するコロナ放電ヘッド40を用いてコロナ放電を生じさせている。その他の工程については、本発明の第1の実施形態におけるものと同様である。

【0038】

コロナ放電ヘッド40は、複数の圧電体12の配列に対応して配置されている複数の針状の放電部40aと、複数の放電部40aを支持すると共に、電源装置30から供給される高電圧を各放電部40aに供給する支持部40bとを有している。

このようなコロナ放電ヘッド40を用いることにより、複数の圧電体12の各々を効率良く帯電させることができる。

20

【0039】

以上説明したように、本発明の第1及び第2の実施形態によれば、各圧電体に上部電極を形成したり、配線を引き出す必要なく、大気中において複数の圧電体に一括してポーリング処理を施すことができるので、製造工程を大幅に簡略化することができる。従って、底面サイズが1mm角以下の微小な圧電素子が1mm以下の間隔で高密度に配列された圧電素子アレイを、簡略化された製造工程により低コストで製造することが可能となる。

30

【0040】

また、本発明の第1及び第2の実施形態によれば、各圧電素子からの駆動配線をポーリング処理の後で実装できるので、半導体製造プロセスとの適性が良くなり、製造効率を高くすることができる。さらに、駆動配線にポーリング処理のための高電圧を印加することはないので、それに起因する配線故障の懸念もなくなり、製造歩留まりが上昇すると共に低コスト化を図ることができる。

【0041】

加えて、本発明の第1及び第2の実施形態によれば、コロナ放電により圧電体を帯電させることによってポーリング処理を行うので、圧電体の側面におけるリークが生じ難い。そのため、従来のように、絶縁オイル中においてポーリング処理を行う必要がなくなる。ここで、従来においては、厚さが50 μm 以下の圧電体においてリークが生じることは避け難いので、絶縁オイルを用いることは必須であった。しかしながら、本発明の第1及び第2の本実施形態によれば、厚さが50 μm 以下の圧電体についても、空気中においてポーリング処理を行うことが可能となる。従って、絶縁オイルの洗浄工程が不要となるので、製造工程が簡略化される。また、絶縁オイルが残留することによって生じる圧電素子の耐久性低下等の問題も解消される。

40

【0042】

また、コロナワイヤー又はコロナ放電ヘッドと圧電体とを接触させないでポーリング処理を行うことができるので、スループットが早く、クリーンなプロセスで圧電アクチュエ

50

ータ等の圧電素子アレイを製造することができる。

さらに、コロナワイヤー又はコロナ放電ヘッドと圧電体との距離がある程度離れていることにより、圧電体において均一な電界が形成されるようになるので、このような非接触のポーリング処理は、複数の圧電体に均一に圧電性能を付与するためにも有効である。

【0043】

加えて、複数の圧電体に一括してポーリング処理を施す際に、一部の圧電体においてリークが生じた場合においても、リーク箇所には電荷が集中することはないので、その他の圧電体については通常通りポーリング処理を施すことができる。

【0044】

以上説明した本発明の第1及び第2の実施形態においては、コロナ放電により圧電体に電子を照射することによってポーリング処理を行っているが、その他にも、イオンビームや電子線等の荷電粒子を照射しても良い。

【0045】

また、以上説明した本発明の第1の実施形態においては、複数の圧電素子が基板上に配列されたアレイ状の圧電素子を製造する場合について説明したが、本発明は、単体の圧電素子を作製する場合にも適用することができる。その場合には、絶縁オイルを使用しないクリーンなプロセスでポーリング処理を行うことができるというメリットがある。

【0046】

本発明の第1又は第2の実施形態に係るポーリング処理方法を適用した液体吐出ヘッドの製造方法について、図4～図7を参照しながら説明する。

まず、図4の(a)に示すように、振動板として用いられるシリコン基板50の主面上に、レジスト51を所定のパターンとなるように形成する。

【0047】

次に、図4の(b)に示すように、レジスト51上に、圧力室(インク室)を仕切る隔壁となる10 μ m程度の第1のアルミナ層52を、AD法により形成する。その際には、図2に示す成膜装置において、原料粉として、例えば、平均粒子径が約0.3 μ mのアルミナ単結晶の粉体が用いられる。

【0048】

次に、図4の(c)に示すように、アセトン等の有機溶剤を用いてレジスト51を除去する。それによって表出した隔壁52の間の領域が圧力室53となる。さらに、隔壁52の内部応力を除去するために、例えば、600の雰囲気中で1時間程度の熱処理(アニール)を行う。また、必要に応じて、基板50が所望の厚さとなるようにエッチングを行っても良い。

【0049】

次に、図5の(a)に示すように、基板50の内で隔壁52が形成されているのと反対側の主面に、スパッタ法等により共通電極54を形成する。共通電極54は、酸化チタン(TiO₂)の密着層54aと、その上に形成された白金(Pt)の導電層54aとを含む2層構造とすることが望ましい。共通電極54は、トータルで0.5 μ m程度の厚さを有している。

【0050】

次に、共通電極54上の圧力室53に対応する位置に、例えば、PZTにより圧電体55を形成する。この圧電体55は、図4の(a)及び(b)に示すのと同様に、所定のパターンでレジストを配置した後に、図2に示す成膜装置を用いてAD法によりPZT膜を形成し、レジストを除去することによって形成される。

【0051】

次に、図1の(c)又は図3に示すのと同様に、圧電体55上に間隙を介してコロナワイヤー20又はコロナ放電ヘッド40を配置することにより、大気中において圧電体55のポーリング処理を行う。その後で、図5の(b)に示すように、圧電体55上に、スパッタ法等により上部電極56を形成する。これらの下部電極54、圧電体55、及び、上部電極56が、基板50を振動させるための圧電素子を構成する。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 2 】

次に、圧力室 5 3 にインクを供給するための流路、及び、圧力室 5 4 からインクを吐出するためのノズルを形成する。本実施形態においては、インクの流路やノズルを含む 3 次元構造体を A D 法によって形成することによりモノリシック（一体的）構造化している。

【 0 0 5 3 】

図 6 の (a) に示すように、隔壁（第 1 のアルミナ層）5 2、圧電体 5 5、及び、上部電極 5 6 が形成された基板 5 0 において、隔壁 5 2 によって仕切られた圧力室 5 3 の領域に、犠牲層として溶解材料 6 0 を A D 法により配置する。溶解材料 6 0 は、その上に A D 法による成膜が可能な程度の硬さを有する材料であり、且つ、ウェットエッチングによって除去可能な材料である。具体的には、クロム（C r）、チタン（T i）等の金属材料や、ポリウレタン系樹脂、ポリウレタンアクリレート、エポキシ系樹脂等の硬質樹脂材料等が挙げられる。

10

【 0 0 5 4 】

次に、図 6 の (b) に示すように、隔壁 5 2 及び溶解材料 6 0 上において、インクの流路 6 2 を除いた領域に、A D 法により第 2 のアルミナ層 6 1 を形成する。次に、図 6 の (c) に示すように、インクの流路に、A D 法により犠牲層として溶解材料 6 0 を配置する。

【 0 0 5 5 】

さらに、図 6 の (d) に示すように、第 3 のアルミナ層 6 3 の形成および溶解材料 6 0 の配置、第 4 のアルミナ層 6 4 の形成及び溶解材料 6 0 の配置、第 5 のアルミナ層 6 5 の形成および溶解材料 6 0 の配置、第 6 のアルミナ層（ノズルプレート）6 6 の形成及び溶解材料 6 0 の配置を順次行う。これらの第 3 のアルミナ層 6 3 ~ 第 6 のアルミナ層 6 6 中に配置されている溶解材料 6 0 は、インクの流路やノズルを形成するための犠牲層となる。

20

【 0 0 5 6 】

次に、ウェットエッチングにより、第 1 アルミナ層 5 2 ~ 第 6 のアルミナ層 6 6 中に配置されている溶解材料 6 0 を除去する。それにより、図 7 に示すように、圧力室 5 3、インクを吐出するノズル 6 7、圧力室 5 3 からノズル 6 7 にインクを供給するノズル流路 6 8、及び、圧力室 5 3 にインクを供給するための共通流路 6 9 が形成される。

【 0 0 5 7 】

なお、圧力室等の構造及び形成方法については、図 6 及び図 7 を参照しながら説明したものの他にも、種々の技術を適用することができる。例えば、ノズルが形成されたノズルプレートを別途作製して、接着剤により隔壁 5 2（図 4 の (c) 参照）に貼り付けるようにしても良い。また、3 次元構造体のモノリシック構造化については、特願 2 0 0 4 - 6 0 7 4 4 号を参照されたい。

30

【 0 0 5 8 】

以上説明した本発明の実施形態において、成膜方法として A D 法を用いる際には、エアロゾルを生成する機構は図 2 に示す構成に限定されない。即ち、原料粉がガス中に分散している状態を生成することができれば、様々な構成を用いることができる。例えば、原料粉を収納している容器（収納容器）にガスを導入するのではなく、収納容器から所定量の原料粉を取り出し、取り出された原料粉についてこれをエアロゾル化する構成としても良い。具体的には、原料粉の収納容器と、回転駆動することにより収納容器から所定のレート（供給速度）で連続的に原料粉の供給を受けてこれを搬送する原料粉供給部（粉末供給盤）と、原料粉供給部によって搬送された原料粉をガスによって分散させることによりエアロゾルを生成するエアロゾル生成部（エアロゾル化部）とを含む構成が挙げられる。このような構成においては、原料粉供給部に、原料粉が投入される所定の幅の溝を形成することにより、安定した量の原料粉を供給することができると共に、原料粉供給部を回転駆動する速度を調整することにより、原料粉の供給量を制御することができる。そして、原料粉の搬送先においてその溝にキャリアガスを導入することにより、濃度の安定したエアロゾルを生成することができる。

40

50

【 0 0 5 9 】

また、原料粉の収納容器において原料粉を攪拌すると共に、この収納容器に圧縮ガスを導入することにより、圧縮ガスと混合された所定量の原料粉を収納容器から取り出し、これを細径の穴から外部に排出することにより、圧縮ガスの膨張を利用して原料粉を分散させる構成も挙げられる。さらに、キャリアガスの流路に原料粉を連続的に供給して原料粉をキャリアガスに分散させることにより、エアロゾルを生成する構成を用いても良い。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 6 0 】

本発明は、インクジェットプリンタにおいてインクを吐出する液体吐出ヘッドや超音波撮像装置において超音波を送受信する超音波トランスデューサ等において利用することが可能である。

10

【図面の簡単な説明】

【 0 0 6 1 】

【図 1】本発明の第 1 の実施形態に係るポーリング処理方法を適用した圧電素子の製造方法を説明するための図である。

【図 2】エアロゾルデポジション（A D）法を用いた成膜装置を示す模式図である。

【図 3】本発明の第 2 の実施形態に係るポーリング処理方法を説明するための図である。

【図 4】液体吐出ヘッドの製造方法における隔壁の形成工程を説明するための図である。

【図 5】液体吐出ヘッドの製造方法における圧電素子の形成工程を説明するための図である。

20

【図 6】液体吐出ヘッドの製造方法における圧力室、ノズル流路、及び、共通流路の形成工程を説明するための図である。

【図 7】液体吐出ヘッドの製造方法における圧力室、ノズル流路、及び、共通流路の形成工程を説明するための図である。

【図 8】インクジェットプリンタの印字部の周辺を示す平面図である。

【図 9】液体吐出ヘッドにおけるインク吐出機構を説明するための図である。

【図 1 0】従来のポーリング処理方法を説明するための図である。

【符号の説明】

【 0 0 6 2 】

1 ガスポンペ

30

1 a 圧力調整部

2 a、2 b 搬送管

3 エアロゾル生成室

3 a 容器駆動部

4 成膜室

5 排気ポンプ

6 噴射ノズル

7 基板ホルダ

7 a 基板ホルダ駆動部

1 0、1 2 0 基板

40

1 1、1 1 5、1 2 1 下部電極

1 2、5 5、1 1 6、1 2 2 圧電体

1 3 絶縁膜

1 4、5 6、1 1 7、1 2 3 上部電極

1 5 圧電素子

2 0 コロナワイヤー

3 0 電源装置

4 0 コロナ放電ヘッド

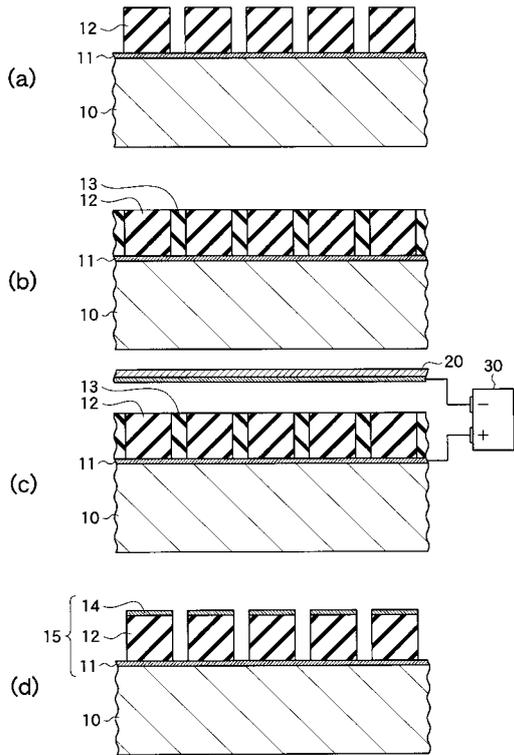
4 0 a 放電部

4 0 b 支持部

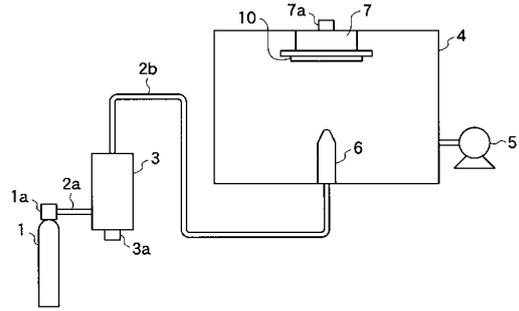
50

5 0	基板（振動板）	
5 1	レジスト	
5 2	第 1 のアルミナ層（隔壁）	
5 3、1 1 3	圧力室	
5 4	共通電極	
5 4 a	密着層	
5 4 b	導電層	
6 0	溶解材料	
6 1	第 2 のアルミナ層	
6 2	インクの流路	10
6 3	第 3 のアルミナ層	
6 4	第 4 のアルミナ層	
6 5	第 5 のアルミナ層	
6 6	第 6 のアルミナ層（ノズルプレート）	
6 7	ノズル	
6 8	ノズル流路	
6 9	共通流路	
1 0 0	印字部	
1 0 0 a ~ 1 0 0 d	液体吐出ヘッド	
1 0 1	記録紙	20
1 0 2、1 0 3	ローラ	
1 0 4	ベルト	
1 0 5	印字検出部	
1 1 0	ノズルプレート	
1 1 1	隔壁	
1 1 2	振動板	
1 1 4	吐出口（ノズル部）	
1 2 4	配線	
1 2 5	絶縁オイル	

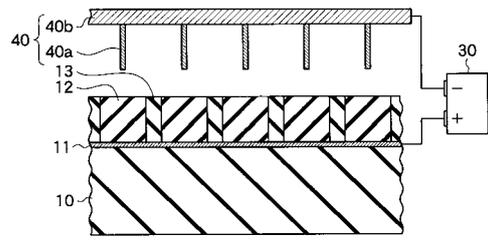
【 図 1 】



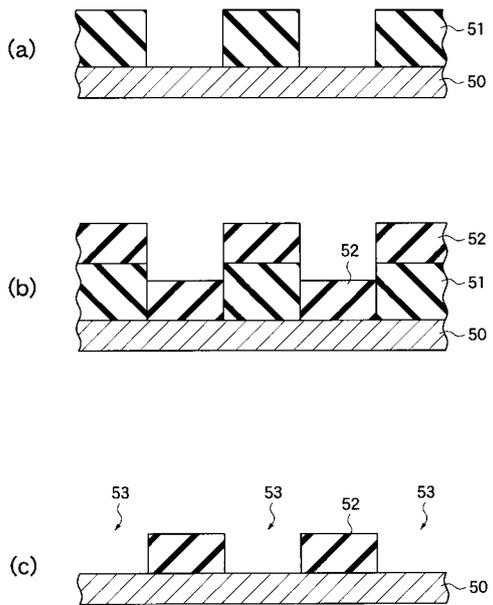
【 図 2 】



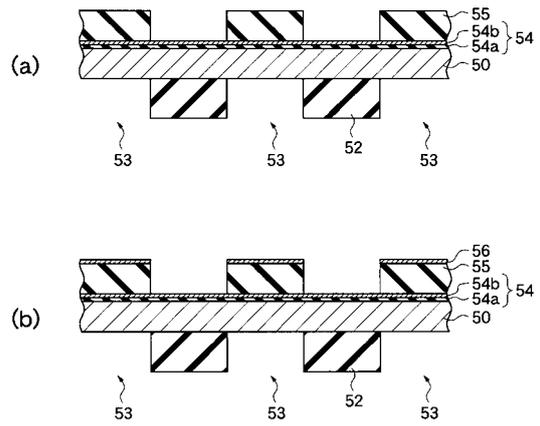
【 図 3 】



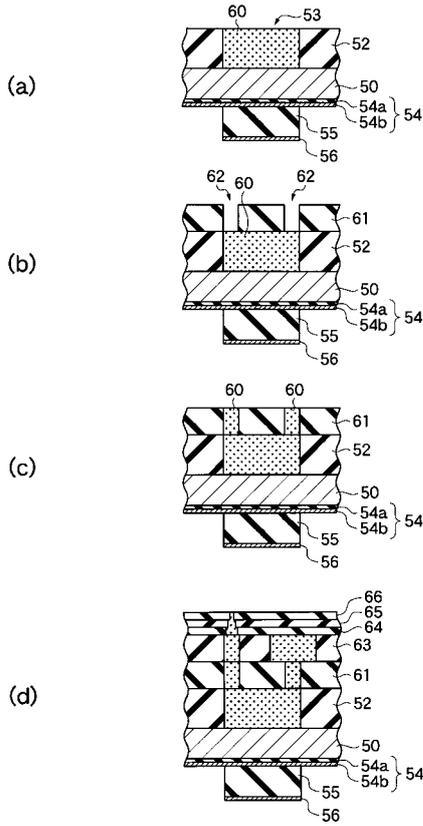
【 図 4 】



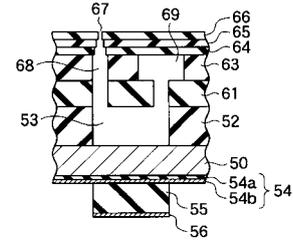
【 図 5 】



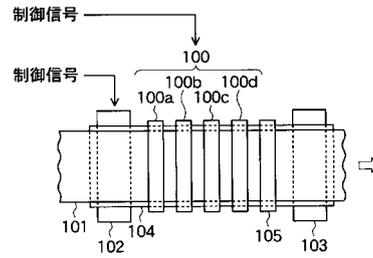
【 図 6 】



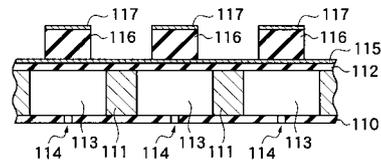
【 図 7 】



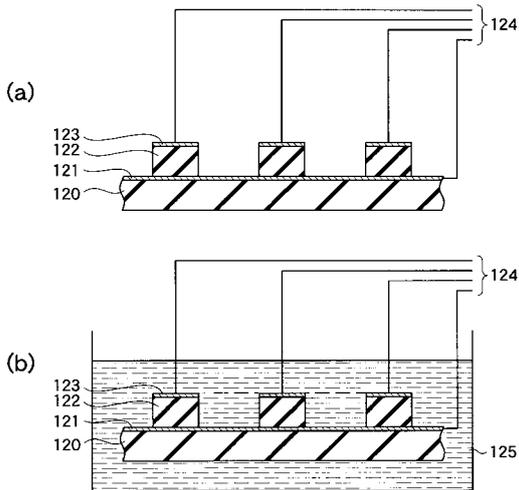
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
B 4 1 J 2/045 (2006.01) B 4 1 J 3/04 1 0 3 H
B 4 1 J 2/055 (2006.01) B 4 1 J 3/04 1 0 3 A

(56)参考文献 特開平08-180959(JP,A)
特開平11-058741(JP,A)
特開2003-321780(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H 0 1 L 4 1 / 2 2
H 0 1 L 4 1 / 0 9
H 0 1 L 4 1 / 1 8
H 0 1 L 4 1 / 1 8 7
B 4 1 J 2 / 0 4 5
B 4 1 J 2 / 0 5 5
B 4 1 J 2 / 1 6