

(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2020-26037
(P2020-26037A)

(43) 公開日 令和2年2月20日(2020.2.20)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
B 4 1 J 2/14 (2006.01)	B 4 1 J 2/14 3 0 5	2 C 0 5 7
B 4 1 J 2/16 (2006.01)	B 4 1 J 2/14 6 1 3	
	B 4 1 J 2/16 5 1 7	
	B 4 1 J 2/14 6 0 7	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2018-150186 (P2018-150186)	(71) 出願人	000005267 ブラザー工業株式会社 愛知県名古屋市瑞穂区苗代町15番1号
(22) 出願日	平成30年8月9日(2018.8.9)	(74) 代理人	110001841 特許業務法人梶・須原特許事務所
		(72) 発明者	垣内 徹 愛知県名古屋市瑞穂区苗代町15番1号 ブラザー工業株式会社内
		(72) 発明者	田中 大樹 愛知県名古屋市瑞穂区苗代町15番1号 ブラザー工業株式会社内
		(72) 発明者	伊藤 祐一 愛知県名古屋市瑞穂区苗代町15番1号 ブラザー工業株式会社内
		Fターム(参考)	2C057 AF40 AF51 AG32 AG44 AP14 AP58 BA04 BA14

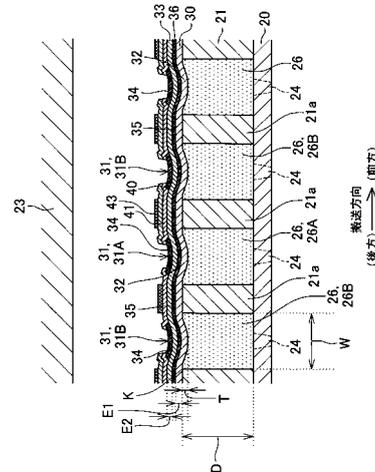
(54) 【発明の名称】 液体吐出ヘッド

(57) 【要約】

【課題】液体吐出ヘッドにおいて、圧電特性をよくし、且つ、クロストークも生じにくくする。

【解決手段】流路部材21に形成された複数の圧力室26が、振動膜30に覆われている。振動膜30の圧力室26と反対側の面の圧力室と上下方向に重なる部分に第1電極32が配置されている。第1電極32の振動膜30と反対側の面に、ゾルゲル法によって形成された圧電膜33が配置されている。圧電膜33の第1電極32と反対側の面に第2電極34が配置されている。第2電極34は圧縮応力を有している。圧電膜33は、(100)配向に対する(001)配向の配向比率が50%以上である。第1電極32と第2電極34とに電位差が生じていない状態で、振動膜30及び圧電膜33の圧力室26と上下方向に重なる部分は、圧力室26側に凸となるように撓んでいる。

【選択図】 図6



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数のノズルと前記複数のノズルに連通する複数の圧力室とを含む液体流路が形成された流路部材と、

前記複数の圧力室を覆う振動膜と、

前記振動膜の前記複数の圧力室と反対側の面に配置された圧電膜と、

前記振動膜と前記圧電膜との間に配置され、前記圧力室と対向する第 1 電極と、

前記圧電膜の前記振動膜と反対側の面に配置され、前記圧力室と対向する第 2 電極と、を備え、

前記第 2 電極は、圧縮応力を有しており、

前記圧電膜が、(100)配向に対する(001)配向の配向比率が50%以上であり、

10

前記第 1 電極と前記第 2 電極とに電位差が生じていない状態で、前記振動膜及び前記圧電膜が、前記圧力室側に凸となるように撓んでいることを特徴とする液体吐出ヘッド。

【請求項 2】

前記圧電膜がゾルゲル法で形成された膜であることを特徴とする請求項 1 に記載の液体吐出ヘッド。

【請求項 3】

前記圧電膜は、前記振動膜よりも厚みが薄いことを特徴とする請求項 2 に記載の液体吐出ヘッド。

20

【請求項 4】

前記圧電膜の厚みが2 μm以下であることを特徴とする請求項 3 に記載の液体吐出ヘッド。

【請求項 5】

前記圧力室の深さの、前記圧力室の幅に対する比率が1倍以上3倍以下であることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の液体吐出ヘッド。

【請求項 6】

前記圧力室の深さが50 μm以上150 μm以下であることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の液体吐出ヘッド。

【請求項 7】

前記第 1 電極と前記第 2 電極とに電位差が生じていない状態での前記圧電膜の撓み量が、前記圧力室の幅の1%以下であることを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の液体吐出ヘッド。

30

【請求項 8】

前記第 1 電極と前記第 2 電極とに電位差が生じていない状態での前記圧電膜の撓み量が、400 nm以上500 nm以下であることを特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれかに記載の液体吐出装置。

【請求項 9】

前記圧電膜は、前記配向比率が80%以上となるように分極されていることを特徴とする請求項 1 ~ 8 のいずれかに記載の液体吐出装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ノズルから液体を吐出する液体吐出ヘッドに関する。

【背景技術】

【0002】

ノズルから液体を吐出する液体吐出ヘッドとして、特許文献 1 には、ノズルからインクを吐出するインクジェット式記録ヘッドが記載されている。特許文献 1 のインクジェット式記録ヘッドでは、ノズルに連通する圧力室が弾性膜に覆われ、弾性膜の圧力室と反対側の面に圧電体膜が配置され、弾性膜と圧電体膜との間に下電極膜が形成され、圧電体膜の

50

弾性膜と反対側の面に上電極膜が配置されている。圧電体膜はゾルゲル法によって形成されている。また、上電極膜が圧縮応力を有しており、この圧縮応力によって、弾性膜、圧電体膜、下電極膜及び上電極膜が、圧力室と反対側に凸となるように撓んでいる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2000-94688号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

従来知られているように、組成式 ABO_3 であらわされるペロブスカイト型構造を有するチタン酸ジルコン酸鉛(PZT)において、その結晶配向性が、電圧を印加した際に結晶にひずみを生じる圧電特性に大きな影響を与えることが知られている。特に、ペロブスカイト型正方晶のPZTでは、 c 軸方向、すなわち(001)方向に優先配向した薄膜を得ることが、大きな圧電特性を発現させるために有効であると考えられている。 a 軸方向、すなわち(100)方向に優先配向した薄膜などは、大きな電界を印加した際に、基板表面と平行な方向を向いていた c 軸が、基板表面と垂直な方向に立ち上がることで大きな変形を生み出す場合もあるが、変形量が不安定になりがちで安定した駆動に問題がある。

【0005】

ここで、特許文献1では、上電極膜が圧縮応力を有しているため、圧電体膜が引っ張り応力を有し、その結果、圧電体膜は圧電膜(100)配向になりやすい。また、特許文献1のようなゾルゲル法で形成された圧電体膜は、一般に(100)配向となりやすい。上述したように、(100)配向の配向比率が高い圧電体膜は、上電極膜と下電極膜との間に電圧を印加したときに良好な圧電特性を得ることが難しい。

【0006】

また、特許文献1では、上電極膜の圧縮応力により、弾性膜及び振動膜が、圧力室と反対側に凸となるように撓んだ状態となる。弾性膜及び振動膜が、圧力室と反対側に凸となるように撓んでいるインクジェット式記録ヘッドでは、後述するように、駆動時にクロストークが発生しやすい。

【0007】

本発明の目的は、圧電特性がよく、且つ、クロストークも生じにくい液体吐出ヘッドを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明に係る液体吐出ヘッドは、複数のノズルと前記複数のノズルに連通する複数の圧力室とを含む液体流路が形成された流路部材と、前記複数の圧力室を覆う振動膜と、前記振動膜の前記複数の圧力室と反対側の面に配置された圧電膜と、前記振動膜と前記圧電膜との間に配置され、前記圧力室と対向する第1電極と、前記圧電膜の前記振動膜と反対側の面に配置され、前記圧力室と対向する第2電極と、を備え、前記第2電極は、圧縮応力を有しており、前記圧電膜が、(100)配向に対する(001)配向の配向比率が50%以上であり、前記振動膜及び前記圧電膜が、前記圧力室側に凸となるように撓んでいる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の実施形態に係るプリンタ1の概略的な平面図である。

【図2】インクジェットヘッド4の平面図である。

【図3】図2のインクジェットヘッド4の後端部の拡大図である。

【図4】図3のA部拡大図である。

【図5】図4のV-V線断面図である。

【図6】図4のVI-VI線断面図である。

10

20

30

40

50

【図 7】インクジェットヘッド 4 を製造する手順を示すフローチャートである。

【図 8】流路部材 2 1 に圧力室 2 6 を形成したときの状態を示す、図 6 に対応する図である。

【図 9】撓み量と静電容量の関係を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本発明の好適な実施形態について説明する。

【0011】

< プリント 1 の概略構成 >

図 1 に示すように、本実施形態に係るプリント 1 は、キャリッジ 3 と、インクジェットヘッド 4 と、搬送機構 5 と、制御装置 6 とを備えている。

10

【0012】

キャリッジ 3 は、走査方向に延びる 2 本のガイドレール 1 0 , 1 1 に取り付けられている。また、キャリッジ 3 は、無端ベルト 1 4 を介してキャリッジ駆動モータ 1 5 と連結されている。キャリッジ 3 は、駆動モータ 1 5 により駆動されて、プラテン 2 上の記録用紙 1 0 0 の上方において走査方向に往復移動する。なお、以下では、図 1 に示すように走査方向の右方及び左方を定義して説明を行う。

【0013】

インクジェットヘッド 4 は、キャリッジ 3 に搭載されている。インクジェットヘッド 4 には、ホルダ 7 の 4 色 (ブラック、イエロー、シアン、マゼンタ) のインクカートリッジ 1 7 のそれぞれから、図示しないチューブによりインクが供給される。インクジェットヘッド 4 は、キャリッジ 3 とともに走査方向に移動しつつ、複数のノズル 2 4 (図 2 ~ 図 6 参照) から、プラテン 2 上の記録用紙 1 0 0 に向けてインクを吐出する。

20

【0014】

搬送機構 5 は、2 つの搬送ローラ 1 8 , 1 9 によって、プラテン 2 上の記録用紙 1 0 0 を、走査方向と直交する搬送方向に搬送する。また、以下では、図 1 に示すように搬送方向の前方及び後方を定義して説明を行う。

【0015】

制御装置 6 は、PC 等の外部装置から入力された印刷指令に基づいて、インクジェットヘッド 4 やキャリッジ駆動モータ 1 5 等を制御して、記録用紙 1 0 0 に画像等を印刷させる。

30

【0016】

< インクジェットヘッド 4 >

次に、インクジェットヘッド 4 の構成について、図 2 ~ 図 6 を参照して詳細に説明する。尚、図 3、図 4 では、図 2 に示される保護部材 2 3 の図示を省略している。

【0017】

本実施形態のインクジェットヘッド 4 は、上述した 4 色 (ブラック、イエロー、シアン、マゼンタ) 全てのインクを吐出するものである。図 2 ~ 図 6 に示すように、インクジェットヘッド 4 は、ノズルプレート 2 0 と、流路部材 2 1 と、圧電アクチュエータ 2 2 を含むアクチュエータ装置 2 5 とを備えている。尚、本実施形態のアクチュエータ装置 2 5 は、圧電アクチュエータ 2 2 のみを指すのではなく、圧電アクチュエータ 2 2 の上に配置される、保護部材 2 3 と、配線部材である C O F (Chip On Film) 5 0 をも含む概念である。

40

【0018】

< ノズルプレート 2 0 >

ノズルプレート 2 0 は、例えば、シリコン等で形成されたプレートである。ノズルプレート 2 0 には、搬送方向に配列された複数のノズル 2 4 が形成されている。

【0019】

より詳細には、図 2、図 3 に示すように、ノズルプレート 2 0 には、走査方向に並ぶ 4 つのノズル群 2 7 が形成されている。4 つのノズル群 2 7 は、互いに異なるインクを吐出

50

する。1つのノズル群27は、左右2つのノズル列28からなる。各ノズル列28において、複数のノズル24が配列ピッチPで配列されている。また、2つのノズル列28の間では、ノズル24の位置が搬送方向にP/2ずれている。即ち、1つのノズル群27を構成する複数のノズル24は、2列の千鳥状に配列されている。

【0020】

尚、以下の説明において、インクジェットヘッド4の構成要素のうち、ブラック(K)、イエロー(Y)、シアン(C)、マゼンタ(M)のインクにそれぞれ対応するものについては、その構成要素を示す符号の後に、どのインクに対応するかが分かるように、適宜、ブラックを示す“k”、イエローを示す“y”、シアンを示す“c”、マゼンタを示す“m”の何れかの記号を付す。例えば、ノズル群27kとは、ブラックインクを吐出するノズル群27のことを指す。

10

【0021】

<流路部材>

流路部材21は、シリコン単結晶の基板である。図2~図6に示すように、流路部材21には、複数のノズル24とそれぞれ連通する複数の圧力室26が形成されている。各圧力室26は、走査方向に長い、矩形の平面形状を有する。複数の圧力室26は、上述した複数のノズル24の配列に応じて搬送方向に配列され、1色のインクに対して2つの圧力室列、合計8つの圧力室列を構成している。流路部材21の下面はノズルプレート20で覆われている。また、各圧力室26の走査方向外側の端部がノズル24と重なっている。

20

【0022】

また、圧力室26の走査方向の長さLは500 μ m~1000 μ m程度であり、圧力室26の幅W(搬送方向の長さ)は65 μ m程度であり、圧力室26の深さDは、125 μ m(50 μ m以上150 μ m以下)である。これにより、本実施形態では、圧力室26の深さDの、圧力室26の幅Wに対する比率が約2倍(1倍以上3倍以下)となっている。

【0023】

ここで、圧力室26の走査方向の長さLとは、圧力室26の走査方向の両側の内壁面間の距離のことである。また、圧力室26の幅Wとは、圧力室26の搬送方向の両側の内壁面間の距離のことである。また、後述するように圧力室26の上面を形成する振動膜30が撓んでいることから、圧力室26の上下方向の長さは、圧力室26の部分によって異なる。これに対して、上記の圧力室26の深さDとは、振動膜30の圧力室26側の面のうち、隣接する圧力室26の間に位置する部分(撓んでいない部分)と、ノズルプレート20の上面との間の距離のことである。

30

【0024】

尚、流路部材21の上面には、後述する圧電アクチュエータ22の構成要素の1つである振動膜30が、複数の圧力室26を覆うように配置されている。振動膜30は、圧力室26を覆う絶縁性の膜であれば特には限定されない。例えば、本実施形態では、振動膜30は、シリコン基板の表面が酸化、あるいは、窒化されることにより形成された膜である。振動膜30の、各圧力室26の走査方向内側の端部(ノズル24と反対側の端部)を覆う部分には、インク供給孔30aが形成されている。また、振動膜30の厚みE1は、1~3 μ m程度である。ここで、振動膜30の厚みE1とは、振動膜30の、流路部材21側の面と流路部材21と反対側の面との距離のことである。

40

【0025】

<アクチュエータ装置25>

流路部材21の上面には、アクチュエータ装置25が配置されている。先にも触れたが、アクチュエータ装置25は、複数の圧電素子31を含む圧電アクチュエータ22と、保護部材23と、2枚のCOF50を有する。

【0026】

圧電アクチュエータ22は、流路部材21の上面全域に配置されている。図3、図4に示すように、圧電アクチュエータ22は、複数の圧力室26とそれぞれ重なって配置された複数の圧電素子31を有する。複数の圧電素子31は、圧力室26の配列に従って搬送

50

方向に配列され、8列の圧電素子列38を構成している。左側4つの圧電素子列38からは、複数の駆動接点46と2つのグランド接点47が左側に引き出され、図2、図3のように、接点46、47は流路部材21の左端部に配置されている。右側4つの圧電素子列からは、複数の駆動接点46と2つのグランド接点47が右側に引き出され、接点46、47は流路部材21の右端部に配置されている。圧電アクチュエータ22の詳細構成については後述する。

【0027】

保護部材23は、複数の圧電素子31を覆うように圧電アクチュエータ22の上面に配置されている。詳しくは、保護部材23は、8つの凹状保護部23aによって8つの圧電素子列38を個別に覆っている。尚、図2に示すように、保護部材23は圧電アクチュエータ22の左右両端部は覆っておらず、駆動接点46及びグランド接点47は保護部材23から露出している。また、保護部材23は、ホルダ7の4つのインクカートリッジ17と接続される4つのリザーバ23bを有する。各リザーバ23b内のインクは、インク供給流路23c、振動膜30のインク供給孔30aを介して、各圧力室26に供給される。

10

【0028】

図2～図5に示されるCOF50は、ポリイミドフィルム等の絶縁材料からなる基板56を有する、可撓性の配線部材である。基板56にはドライバIC51が実装されている。2枚のCOF50の一端部は、それぞれ、プリンタ1の制御装置6(図1参照)に接続されている。2枚のCOF50の他端部は、圧電アクチュエータ22の左右両端部にそれぞれ接合されている。図4に示すように、COF50は、ドライバIC51に接続された複数の個別配線52と、グランド配線53とを有する。個別配線52の先端部には個別接点54が設けられ、個別接点54は圧電アクチュエータ22の駆動接点46と接続される。グランド配線53の先端部にはグランド接続接点55が設けられ、グランド接続接点55は、圧電アクチュエータ22のグランド接点47と接続される。ドライバIC51は、個別接点54及び駆動接点46を介して、圧電アクチュエータ22の複数の圧電素子31の各々に駆動信号を出力する。

20

【0029】

<圧電アクチュエータ22>

次に、圧電アクチュエータ22について、詳細に説明する。図2～図6に示すように、圧電アクチュエータ22は、上述の振動膜30と、共通電極36(複数の第1電極32)と、圧電膜33と、複数の第2電極34とを有する。尚、図面を簡素化するため、図3、図4では、図5、図6の断面図では示されている保護膜40、絶縁膜41、及び、配線保護膜43の図示を省略している。

30

【0030】

図5、図6に示すように、複数の第1電極32は、振動膜30の上面の複数の圧力室26と対向する領域に形成されている。また、図6に示すように、複数の第1電極32は、振動膜30の上面の圧力室26と上下方向に重ならない領域に配置された導電部35を介して繋がっている。これにより、複数の第1電極32とそれらを繋ぐ導電部35によって、振動膜30の上面のほぼ全域を覆う共通電極36が形成されている。共通電極36は、例えば、白金(Pt)で形成されている。また、共通電極36の厚みは、例えば、0.1

40

【0031】

圧電膜33は、例えば、チタン酸ジルコン酸鉛(PZT)等の圧電材料により形成される。あるいは、圧電膜33は、鉛が含有されていない非鉛系の圧電材料で形成されていてもよい。圧電膜33の厚みD2は、例えば、1.0～2.0 μm (2.0 μm 以下)であり、振動膜30の厚みD1よりも小さい。ここで、圧電膜33の厚みD2とは、圧電膜33の、振動膜30側の面と振動膜30と反対側の面との距離のことである。

【0032】

図3、図4、図6に示すように、圧電膜33は、共通電極36が形成された振動膜30の上面に配置されている。圧電膜33は、圧力室列毎に設けられており、圧力室列を構成

50

する複数の圧力室 26 にまたがって搬送方向に延びている。

【0033】

第2電極34は、圧電膜33の上面に配置されている。第2電極34は、圧力室26よりも一回り小さい矩形の平面形状を有し、圧力室26の中央部と上下方向に重なっている。複数の第2電極34は、第1電極32とは異なり、互いに分離されている。つまり、第2電極34は、圧力室26毎に個別に設けられた個別電極である。第2電極34は、例えば、イリジウム(Ir)や白金(Pt)で形成されている。第2電極34の厚みは、例えば、 $0.1\mu\text{m}$ である。また、第2電極34は、後述するようにスパッタ法によって形成されたものであり、圧縮応力を有している。

【0034】

また、圧電膜33の第1電極32と第2電極34とに挟まれた部分は分極されている。これにより、圧電膜33は、(100)配向に対する(001)配向の配向比率が50%以上となっている。圧電膜33の上記配向比率は、80%以上であることがより好ましい。

【0035】

また、第2電極34が圧縮応力を有し、圧電膜33において(100)配向に対する(001)配向の比率が50%以上となっている圧電アクチュエータ22では、第1電極32と第2電極34とに電位差が生じていない状態で、振動膜30及び圧電膜33の圧力室26と上下方向に重なる部分(圧電素子31を形成する部分)が、圧力室26側に凸となるように撓んでいる。また、振動膜30及び圧電膜33の撓み量Tが450nm程度(400nm以上500nm以下)となっている。ここで、上記撓み量Tは、圧力室26の側壁面と振動膜30との境界Kと、振動膜30の下面の圧力室62の搬送方向の中心と上下方向に重なる部分との、上下方向の距離のことである。

【0036】

そして、このような圧電アクチュエータ22では、振動膜30及び圧電膜33の圧力室26と上下方向に重なる部分と、圧電膜33のこの部分と上下方向に重なる第1電極32及び第2電極34とを合わせたものがそれぞれ、圧電素子31を形成している。即ち、複数の圧電素子31が、複数の圧力室26の配列に従って搬送方向に配列されている。これにより、複数の圧電素子31は、ノズル24及び圧力室26の配列に従って、1色のインクにつき2つの圧電素子列38、合計8つの圧電素子列38を構成している。尚、1色のインクに対応した2つの圧電素子列38からなる圧電素子31の群を、圧電素子群39と称する。図3に示すように、4色のインクにそれぞれ対応した、4つの圧電素子群39k, 39y, 39c, 39mが走査方向に並んで配置されている。

【0037】

図5、図6に示すように、圧電アクチュエータ22は、さらに、保護膜40、絶縁膜41、配線42、及び、配線保護膜43を有する。

【0038】

図5に示すように、保護膜40は、第2電極34の中央部が配置された領域を除いて、圧電膜33の表面を覆うように配置されている。保護膜40の主な目的の1つは、空気中の水分の圧電膜33への浸入防止である。保護膜40は、例えば、アルミナ(Al₂O₃)、酸化シリコン(SiO_x)、酸化タンタル(TaO_x)等の酸化物、あるいは、窒化シリコン(SiN)等の窒化物など、透水性の低い材料で形成される。

【0039】

保護膜40の上には、絶縁膜41が形成されている。絶縁膜41の材質は特に限定されないが、例えば、二酸化シリコン(SiO₂)で形成される。この絶縁膜41は、第2電極34に接続される次述の配線42と、共通電極36との間の、絶縁性を高めるために設けられている。

【0040】

絶縁膜41の上には、複数の圧電素子31の第2電極34からそれぞれ引き出された複数の配線42が形成されている。配線42は、例えば、アルミニウム(Al)で形成され

10

20

30

40

50

ている。図5に示すように、配線42の一端部は、圧電膜33の上の第2電極34の端部と重なる位置に配置され、保護膜40と絶縁膜41を貫通する貫通導電部48によって第2電極34と導通している。

【0041】

複数の圧電素子31にそれぞれ対応する複数の配線42は、左右に分かれて延びている。詳細には、図3に示すように、4つの圧電素子群39のうち、右側2つの圧電素子群39k, 39yを構成する圧電素子31からは、配線42が右方へ延び、左側2つの圧電素子群39c, 39mを構成する圧電素子31からは、配線42が左方へ延びている。

【0042】

配線42の、第2電極34と反対側の端部には駆動接点46が設けられている。圧電アクチュエータ22の左端部及び右端部のそれぞれにおいて、複数の駆動接点46が搬送方向に一直線に並んでいる。本実施形態では、1色のノズル群27を構成するノズル24が、600dpi (= 42 μ m)のピッチで配列されている。また、2色のノズル群27に対応する圧電素子31の配線42が左方又は右方に引き出されている。そのため、圧電アクチュエータ22の左端部及び右端部のそれぞれにおいて、複数の駆動接点46は、1つのノズル群27におけるノズル24の配列間隔のさらに半分、即ち、21 μ m程度の、非常に狭い間隔で配列されている。

【0043】

また、前後に一直線に並ぶ複数の駆動接点46に対して、その配列方向の両側には2つのグランド接点47がそれぞれ配置されている。1つのグランド接点47は、1つの駆動接点46よりも接点面積が大きい。グランド接点47は、直下の保護膜40及び絶縁膜41を貫通する図示しない導通部を介して、共通電極36と接続されている。

【0044】

先にも触れたが、圧電アクチュエータ22の左端部及び右端部に配置された駆動接点46とグランド接点47は、保護部材23から露出している。また、圧電アクチュエータ22の左端部と右端部には、2枚のCOF50がそれぞれ接合される。駆動接点46は、COF50の個別接点54、個別配線52を介してドライバIC51と接続され、ドライバIC51から駆動接点46に駆動信号が供給される。これにより、各第2電極34には個別に、グランド電位及び所定の駆動電位(例えば20V程度)のいずれかが選択的に付与される。グランド接点47は、COF50のグランド接続接点55と接続されることによって、グランド電位が付与される。

【0045】

図5に示すように、配線保護膜43は、複数の配線42を覆うように配置されている。配線保護膜43により、複数の配線42の間の絶縁性が高められている。また、配線保護膜43により、配線42を構成する配線材料(A1等)の酸化も抑制される。配線保護膜43は、例えば、窒化シリコン(SiNx)等で形成されている。

【0046】

尚、図5、図6に示すように、本実施形態では、第2電極34は、その周縁部を除いて保護膜40、絶縁膜41、配線保護膜43から露出している。即ち、保護膜40、絶縁膜41、配線保護膜43によって、圧電膜33の変形が阻害されにくい構造である。

【0047】

< 圧電アクチュエータ22の駆動方法 >

ここで、圧電アクチュエータ22(圧電素子31)を駆動させて、ノズル24からインクを吐出させる方法について説明する。圧電アクチュエータ22では、予め全ての圧電素子31の第2電極34の電位が駆動電位に保持されている。この状態では、第1電極32と第2電極34との電位差により、圧電膜33に厚み方向の電界が生じ、この電界によって圧電膜33が厚み方向に直交する方向に収縮する。その結果、振動膜30及び圧電膜33の圧力室26と上下方向に重なる部分は、圧力室26側に凸となるように撓んでおり、且つ、第1電極32と第2電極34との間に電位差が生じていないときよりもその撓み量が大きくなっている。また、本実施形態では、圧電膜33の厚みが1.0~2.0 μ m程

10

20

30

40

50

度と薄いため、圧電膜 3 3 に大きな電界が発生し、振動膜 3 0 及び圧電膜 3 3 の撓み量が大きくなる。

【0048】

あるノズル 2 4 からインクを吐出させるときには、そのノズル 2 4 に対応する圧電素子 3 1 の第 2 電極 3 4 の電位を一旦グランド電位に切り換えてから、駆動電位に戻す。第 2 電極 3 4 の電位をグランド電位に切り換えると、第 1 電極 3 2 と第 2 電極 3 4 とが同電位となって上記電界が発生しなくなり、振動膜 3 0 及び圧電膜 3 3 の撓み量が小さくなる。この後、第 2 電極 3 4 の電位を駆動電位に戻すと、振動膜 3 0 及び圧電膜 3 3 の撓み量が大きくなり、圧力室 2 6 の容積が小さくなる。その結果、圧力室 2 6 内のインクの圧力が上昇し、圧力室 2 6 に連通するノズル 2 4 からインクが吐出される。

10

【0049】

<クロストーク>

ここで、圧電アクチュエータ 2 2 を駆動させたときには、ある圧力室 2 6 に対応する圧電素子 3 1 の駆動が、別の圧力室 2 6 に連通するノズル 2 4 からのインクの吐出速度に影響を与える、いわゆるクロストーク（変位クロストーク及び吐出クロストーク）が発生する。以下、クロストークについて詳細に説明する。

【0050】

クロストークの説明のために、例えば、図 6 に示すように、ある圧力室 2 6 を圧力室 2 6 A とし、圧力室 2 6 A に対応する圧電素子 3 1 を圧電素子 3 1 A とする。また、搬送方向において圧力室 2 6 A の両側に隣接する圧力室 2 6 を圧力室 2 6 B とし、圧力室 2 6 B に対応する圧電素子 3 1 を圧電素子 3 1 B とする。

20

【0051】

圧電素子 3 1 B の第 2 電極 3 4 に駆動電位が付与されている状態では、上述したように、振動膜 3 0 の圧電素子 3 1 B を形成する部分が撓んでいる。振動膜 3 0 の圧電素子 3 1 B を形成する部分が撓んでいる状態では、振動膜 3 0 の圧電素子 3 1 A を形成する部分に引張応力が生じる。この引張応力により、振動膜 3 0 の圧電素子 3 1 を形成する部分が伸び、振動膜 3 0 及び圧電膜 3 3 の圧電素子 3 1 を形成する部分が、圧力室 2 6 A 側に凸となる方向に変形しようとする。

【0052】

さらに、多数の圧力室 2 6 が搬送方向に高密度に配列されており、流路部材 2 1 の圧力室 2 6 同士を隔てる隔壁 2 1 a の搬送方向の長さが短い場合、上述したように、振動膜 3 0 の圧電素子 3 1 B を形成する部分が撓んでいる状態では、圧力室 2 6 A と圧力室 2 6 B との間の隔壁 2 1 a が、振動膜 3 0 に引っ張られて圧力室 2 6 B 側に倒れようとする。これにより、振動膜 3 0 の圧電素子 3 1 A を形成する部分が平坦な状態に向かう方向に変形しようとする。

30

【0053】

これらのことから、圧力室 2 6 A に連通するノズル 2 4 からインクを吐出させるために、上述したように圧電素子 3 1 A の第 2 電極 3 4 の電位を切り換えるときに、圧電素子 3 1 B の第 2 電極 3 4 の電位を同時に切り換える場合と、圧電素子 3 1 B の第 2 電極 3 4 の電位を同時に切り換えない場合とで、振動膜 3 0 及び圧電膜 3 3 のある圧力室 2 6 と上下方向に重なる部分の変形量が変わる。そして、この変形量の違いによって生じるノズル 2 4 からのインクの吐出速度の違いが変位クロストークである。

40

【0054】

ここで、本実施形態と異なり、第 1 電極 3 2 と第 2 電極 3 4 との間に電位差が生じていない状態で振動膜 3 0 及び圧電膜 3 3 の圧電素子 3 1 を形成する部分が圧力室 2 6 と反対側に凸となるように撓んでいる場合を考える。この場合、上記引張応力により、振動膜 3 0 及び圧電膜 3 3 の圧電素子 3 1 A を形成する部分が、圧力室 2 6 側に凸となる方向に変形しようとする。また、隔壁 2 1 a が倒れようとするときに、振動膜 3 0 及び圧電膜 3 3 の圧電素子 3 1 A を形成する部分が、平坦となる方向（圧力室 2 6 側に凸となる方向）に変形しようとする。すなわち、上記引張応力により、振動膜 3 0 及び圧電膜 3 3 の圧電素

50

子 3 1 A を形成する部分に変形しようとする方向と、隔壁 2 1 a が倒れようとするときに、振動膜 3 0 及び圧電膜 3 3 の圧電素子 3 1 A を形成する部分に変形しようとする方向とが同じ方向となる。そのため、この場合には、圧電アクチュエータ 2 2 の駆動時に、これらの変形しようとする力が足し合わされ、変位クロストークが大きくなる。

【 0 0 5 5 】

これに対して、本実施形態のように、第 1 電極 3 2 と第 2 電極 3 4 との間に電位差が生じていない状態で振動膜 3 0 及び圧電膜 3 3 の圧電素子 3 1 を形成する部分が圧力室 2 6 側に凸となるように撓んでいる場合を考える。この場合には、上記引張応力により、振動膜 3 0 及び圧電膜 3 3 の圧電素子 3 1 A を形成する部分が、圧力室 2 6 側に凸となる方向に変形しようとする。また、隔壁 2 1 a が倒れようとするときに、振動膜 3 0 及び圧電膜 3 3 の圧電素子 3 1 A を形成する部分が、平坦となる方向（圧力室 2 6 と反対側に凸となる方向）に変形しようとする。すなわち、上記引張応力により、振動膜 3 0 及び圧電膜 3 3 の圧電素子 3 1 A を形成する部分に変形しようとする方向と、隔壁 2 1 a が倒れようとするときに、振動膜 3 0 及び圧電膜 3 3 の圧電素子 3 1 A を形成する部分に変形しようとする方向とが反対方向となる。そのため、この場合には、これらの変形しようとする力が相殺され、変位クロストークが小さくなる。

10

【 0 0 5 6 】

さらに、隔壁 2 1 a の搬送方向の長さが短く、圧力室 2 6 の深さが大きい（隔壁 2 1 a の上下方向の長さが長い）ほど、圧力室 2 6 内のインクの圧力が変動したときに、隔壁 2 1 a が変形しやすい（隔壁 2 1 a のコンプライアンスが大きい）。そのため、圧力室 2 6 のコンプライアンスが大きい場合には、上述したように圧電素子 3 1 を駆動させて圧力室 2 6 内のインクに圧力を付与したときに、隔壁 2 1 a が変形することで圧力変動が別の圧力室 2 6 に伝搬する。このとき、圧電素子 3 1 A と圧電素子 3 1 B とを同時に駆動している場合には、圧力室 2 6 A 内のインクの圧力と圧力室 2 6 B 内のインクの圧力が同時に変動するため、隔壁 3 1 a が変形しにくく、上述したような圧力変動の伝搬は生じにくい。これに対して、圧電素子 3 1 A を駆動させる際に、圧電素子 3 1 B を同時に駆動させない場合には、圧力室 2 6 A における圧力変動が、圧力室 2 6 B に伝搬しやすい。そして、上述の変位クロストークと、上記圧力変動の伝搬しやすさの違いとによる、ノズル 2 4 からのインクの吐出速度の違いが、吐出クロストークである。

20

【 0 0 5 7 】

< インクジェットヘッドの製造方法 >

次に、インクジェットヘッド 4 の製造方法について説明する。インクジェットヘッド 4 は、例えば、図 7 のフローに沿った手順で製造することができる。

30

【 0 0 5 8 】

図 7 のフローについて詳細に説明する。インクジェットヘッド 4 を製造するためには、まず、流路部材 2 1 となるシリコン基板の表面を酸化あるいは窒化させることによってシリコン基板上に振動膜 3 0 を形成する（S 1 0 1）。続いて、振動膜 3 0 の表面に、共通電極 3 6（第 1 電極 3 2）となる電極膜を形成する（S 1 0 2）。

【 0 0 5 9 】

続いて、共通電極 3 6 となる電極層の表面に、圧電膜 3 3 となる圧電材料膜を形成する（S 1 0 3）。圧電材料膜は、ゾルゲル法によって形成する。より詳細には、圧電材料の溶液をスピンコートで形成し、形成した圧電材料をアニール処理によって結晶化させる、という処理を繰り返すことによって、圧電材料膜を形成する。

40

【 0 0 6 0 】

続いて、圧電材料膜の表面に複数の第 2 電極 3 4 となる電極膜を形成する（S 1 0 4）。この電極膜は、スパッタ法などで形成し、このとき、条件をコントロールすることによって、電極膜が圧縮応力を有するようにする。

【 0 0 6 1 】

続いて、上述したようにして形成した電極膜及び圧電膜を、フォトリソグラフィ、ドライエッチング等によってパターンニングすることによって、共通電極 3 6（第 1 電極 3 2

50

)、圧電膜 33 及び第 2 電極 34 を形成する (S 105)。この後、保護膜 40、絶縁膜 41、配線 42、配線保護膜 43、接点 46、47 を順次形成する (S 106)。続いて、シリコン基板に保護部材 23 を接合する (S 107)。

【0062】

続いて、シリコン基板に研磨加工を施して、シリコン基板を圧力室 26 の深さに対応した厚みにしてから、シリコン基板に、保護部材 23 と反対側からウエットエッチングやドライエッチングなどを施すことによって、複数の圧力室 26 を形成する (S 108)。シリコン基板に圧力室 26 を形成すると、振動膜 30 及び圧電膜 33 の各圧力室 26 と上下方向に重なる部分が、シリコン基板によって拘束されなくなる。一方で、上述したように、第 2 電極 34 は圧縮応力を有している。これにより、図 8 に示すように、振動膜 30 及び圧電体の各圧力室 26 と上下方向に重なる部分が、第 2 電極 34 の圧縮応力によって、圧力室 26 と反対側に凸となるように撓んだ状態となる。

10

【0063】

続いて、複数のノズル 24 が形成されたノズルプレート 20 をシリコン基板に接合する (S 109)。このとき、ノズルプレート 20 の流路部材 21 と反対側の表面に撥水膜を形成してもよい。続いて、ダイシング加工によってシリコン基板を切断することによって、シリコン基板を流路部材 21 に対応するサイズに分割する (S 110)。

【0064】

続いて、高温下で、第 1 電極 32 と第 2 電極 34 との間に電圧を印加して圧電膜 33 を分極させる分極処理を行う (S 111)。このとき、圧電膜 33 の配向が (001) に優先配向し、(100) 配向に対する (001) 配向の比率が 50% 以上、好ましくは 80% 以上となるようにする。そして、このように、(001) に優先配向されることにより、図 8 に示すように圧力室 26 と反対側に凸となるように撓んでいた振動膜 30 及び圧電膜 33 の圧力室 26 と上下方向に重なる部分が、図 6 に示すように圧力室 26 側に凸となるように撓んだ状態となる。

20

【0065】

なお、分極処理は、S 110 のダイシング加工の前や、次に説明する S 112 の COF 50 の接合の後などに行ってもよい。

【0066】

続いて、圧電アクチュエータ 22 の左端部及び右端部に COF 50 を接合し (S 112)、図示しない他の部品との接合を行う (S 113)。これにより、インクジェットヘッド 4 が完成する。

30

【実施例】

【0067】

次に、本発明の好適な実施例について説明する。

【0068】

実施例 A1 ~ A11 及び比較例 A は、変位クロストークの実験結果である。実施例 A1 ~ A11 及び比較例 A では、第 1 電極 32 と第 2 電極 34 との間に電位差が生じていない状態での、振動膜 30 及び圧電膜 33 の撓み量を異ならせている。

【0069】

表 1 は、実施例 A1 ~ A11 及び比較例 A について、上記撓み量 T と変位クロストーク (変位 CT) との関係を示している。表 1 の撓み量 T は、正の値が圧力室 26 側に凸となるように撓んでいることを示しており、負の値が圧力室 26 と反対側に凸となるように撓んでいることを示している。また、表 1 の変位クロストークの値は全て正の値であるが、これは、隣接する圧電素子 31 を同時に駆動したときの変位量が、隣接する圧電素子 31 を同時に駆動しないときの変位量よりも大きくなることを示している。

40

【表 1】

	撓み量T(nm)	変位CT(%)
比較例A	-167	14.0
実施例A1	276	10.0
実施例A2	258	9.5
実施例A3	201	11.3
実施例A4	203	11.4
実施例A5	244	10.6
実施例A6	300	11.0
実施例A7	400	9.0
実施例A8	483	6.6
実施例A9	523	5.1
実施例A10	595	3.3
実施例A11	596	1.6

10

【0070】

表1の結果から、振動膜30及び圧電膜33が圧力室26側に凸となるように撓んでいる実施例A1～A11において、圧力室26と反対側に凸となるように撓んでいる比較例Aよりも、変位クロストークが小さくなることがわかる。

20

【0071】

また、実施例B1～B6及び比較例B1～B3は、吐出クロストークの実験結果である。実施例B1～B6及び比較例B1～B3では、第1電極32と第2電極34との間に電位差が生じていない状態での、振動膜30及び圧電膜33の撓み量を異ならせている。

【0072】

表2は、各例について、上記撓み量Tと吐出クロストーク（吐出CT）との関係を示している。表2の撓み量Tは、正の値が圧力室26側に凸となるように撓んでいることを示しており、負の値が圧力室26と反対側に凸となるように撓んでいることを示している。また、表2では、吐出クロストークが正の値であることが、隣接する圧電素子31を同時に駆動したときの吐出速度が、隣接する圧電素子31を同時に駆動しないときの吐出速度よりも速くなることを示しており、吐出クロストークが負の値であることが、隣接する圧電素子31を同時に駆動したときの吐出速度が、隣接する圧電素子31を同時に駆動しないときの吐出速度よりも遅くなることを示している。

30

【表2】

	撓み量T(nm)	吐出CT(%)
実施例B1	483	2.0
実施例B2	483	-1.0
実施例B3	483	-3.0
実施例B4	400	16.0
実施例B5	400	15.0
実施例B6	400	14.0
比較例B1	-167	33.0
比較例B2	-167	33.0
比較例B3	-167	35.0

40

【0073】

表2の結果から、振動膜30及び圧電膜33が圧力室26側に凸となるように撓んでい

50

る実施例 B 1 ~ B 6 において、圧力室 2 6 と反対側に凸となるように撓んでいる比較例 B 1 ~ B 3 よりも、吐出クロストークが小さくなることがわかる。

【0074】

また、表 1、表 2 からわかるように、実施例 A 1 ~ A 1 1 及び実施例 B 1 ~ B 6 における撓み量 T は、いずれも、圧力室 2 6 の幅の 1 % 以下 (約 650 nm 以下) である。したがって、上記撓み量が圧力室 2 6 の幅の 1 % 以下である場合には、クロストークを十分に小さく (変位クロストークを 12 % 以下、吐出クロストークを 16 % 以下) できることがわかる。

【0075】

また、表 1 の実施例 A 7、A 8 及び表 2 の実施例 B 1 ~ B 6 の結果から、上記撓み量 T が 400 nm 以上 500 nm 以下の場合には、クロストークを十分に小さく (変位クロストークを 10 % 以下、吐出クロストークを 16 % 以下) できることがわかる。

10

【0076】

また、実施例 A 1 と同一分極処理を行うことで圧力室側に凸となったサンプルと、比較例 A と同等の物である圧力室と反対側に凸となったサンプルについて、(100) 配向と (001) 配向の比を x-ray diffraction によるミラー指数 (400) および (004) のピーク強度により評価した。その結果、圧力室と反対側に凸となったサンプルでは、(400) のシングルピーク (観測条件下では (400) と (004) に分離不可能) であるのに対し、圧力室側に凸となったサンプルでは、(400) と (004) のツインピークが観測され、それぞれの積分強度の比は、5.7 : 4.3 であった。圧力室側に凸となったサンプルでは、(004) の比率が約 50 % 程度に増えていることがわかる。

20

【0077】

また、一般に、PZT の比誘電率は、(100) 配向の場合のほうが (001) 配向よりも大きいことが知られている。すなわち静電容量は (001) のほうが (100) よりも小さくなり、消費電力も低減できる。図 9 は、撓み量と静電容量の関係をプロットしたものである。撓み量が圧力室側に大きくなるに従い、静電容量は低下する。このことは、撓み量が大きくなるに従い (001) の配向比率が大きくなることを示している。実施例 A 1 の条件では撓み量 276 nm で (001) の配向比率が約 50 % となり、クロストーク低減に好適な撓み量が大きい条件では (001) の配向比率がさらに大きいことが分かる。

30

【0078】

< 効果 >

本実施形態では、第 2 電極 3 4 が圧縮応力を有しているため、圧電膜 3 3 は、引張応力を有することになり、(100) 配向になりやすい。これに対して、本実施形態では、圧電膜 3 3 を分極させることによって、(100) 配向に対する (001) 配向の配向比率が 50 % 以上としている。したがって、圧電膜 3 3 の圧電特性がよい。

【0079】

また、このように、圧電膜を分極させて、(100) 配向に対する (001) 配向の配向比率を高くすることにより、圧電膜 3 3 を収縮させて、振動膜 3 0 及び圧電膜 3 3 を圧力室 2 6 側に凸となるように撓ませることができる。そして、上述したように、振動膜 3 0 及び圧電膜 3 3 が圧力室 2 6 側に凸となるように撓んでいる場合には、圧力室 2 6 と反対側に凸となるように撓んでいる場合よりも、クロストークを生じにくくすることができる。

40

【0080】

さらに、このとき、圧電膜 3 3 の (100) 配向に対する (001) 配向の配向比率を 80 % 以上とすれば、圧電膜 3 3 の圧電特性を十分によくすることができる。

【0081】

また、本実施形態のように、ゾルゲル法により圧電膜を形成すれば、緻密な圧電膜 3 3 を形成することができるが、ゾルゲル法により形成した圧電膜 3 3 は、一般に、(100

50

) 配向となりやすい。したがって、上記のように、圧電膜を分極させて、(100)配向に対する(001)配向の配向比率を高くする意義は大きい。

【0082】

また、ゾルゲル法によって緻密な圧電膜33を形成する場合には、圧電膜33を、2 μ m以下と薄く形成することができ、第1電極32と第2電極34との間に電圧を印加したときに圧電膜33に発生する電界を大きくして、圧電膜33の変位量を大きくすることができる。

【0083】

また、圧力室26の深さDの圧力室26の幅Wに対する比率が約2倍であり、1倍以上3倍以下の範囲にあれば、上述の実施例で示すようなクロストークを小さくするという効果を得ることができる。

10

【0084】

また、圧力室26の深さが125 μ m程度であり、50 μ m以上180 μ m以下の範囲にあれば、上述の実施例のようなクロストークを小さくするという効果を得ることができる。

【0085】

また、振動膜13及び圧電膜33が圧力室26側に凸となるように撓んでいる場合、この撓み量Tが圧力室26の幅Wに対して大きすぎると、第1電極32と第2電極34との間に電圧を印加したときの振動膜30及び圧電膜33の変形量が小さくなり、十分な吐出速度が得られない虞がある。

20

【0086】

そこで、本実施形態では、上記撓み量Tの圧力室26の幅Wの1%以下となるようにしている。これにより、上述の実施例からわかるように、振動膜30及び圧電膜33が圧力室26側に凸となるように撓むようにしてクロストークを生じにくくしつつも、第1電極32と第2電極34との間に電圧を印加したときの振動膜30及び圧電膜33の変形量を極力大きくすることができる。

【0087】

また、本実施形態では、上記撓み量Tが450nm程度であり、400nm以上500nm以下の範囲にある。これにより、上述の実施例からわかるように、振動膜30及び圧電膜33が圧力室26側に凸となるように撓むようにしてクロストークを生じにくくしつつも、第1電極32と第2電極34との間に電圧を印加したときの振動膜30及び圧電膜33の変形量を極力大きくすることができる。

30

【0088】

以上、本発明の好適な実施形態について説明したが、本発明は、上述の実施形態に限られるものではなく、特許請求の範囲に記載の限りにおいて様々な変更が可能である。

【0089】

上述の実施形態では、第1電極32と第2電極34との間に電位差が生じていない状態での振動膜30及び圧電膜33の撓み量Tが、400nm以上500nm以下であったが、これには限られない。上記撓み量Tは、400nm未満であってもよいし、500nmよりも大きくてもよい。

40

【0090】

また、上述の実施形態では、第1電極32と第2電極34との間に電位差が生じていない状態での振動膜30及び圧電膜33の撓み量Tが、圧力室26の幅Wの1%以下であったが、これには限られない。上記撓み量Tは、圧力室26の幅Wの1%よりも大きくてもよい。

【0091】

また、上述の実施形態では、圧力室26の深さDが50 μ m以上150 μ m以下であったが、これには限られない。圧力室26の深さDは、50 μ m未満であってもよいし、150 μ mよりも大きくてもよい。

【0092】

50

また、上述の実施形態では、圧力室 26 の深さ D の、圧力室 26 の幅 W に対する比率が 1 倍以上 3 倍以下であったが、これには限られない。圧力室 26 の深さ D の圧力室 26 の幅 W に対する比率は、1 倍未満であってもよいし、3 倍よりも大きくてもよい。

【0093】

また、上述の実施形態では、圧電膜 33 の厚み E2 を、振動膜 30 の厚み E1 よりも薄い 2 μm 以下としたが、これには限られない。例えば、圧電膜 33 の厚み E2 は、振動膜 30 の厚み E1 よりも薄ければ、2 μm よりも大きくてもよい。あるいは、圧電膜 33 の厚み E2 は、振動膜 30 の厚み E1 以上であってもよい。

【0094】

また、上述の実施形態では、ゾルゲル法によって圧電膜 33 を形成したが、これには限られない。例えば、スパッタ法など、ゾルゲル法以外の方法によって圧電膜 33 を形成してもよい。

10

【0095】

また、上述の実施形態では、圧電膜 33 と振動膜 30 との間に配置される第 1 電極 32 同士が導電部 35 を介してつながった共通電極 36 を形成しており、圧電膜 33 の上面に配置される第 2 電極 34 が、圧力室 26 に個別の個別電極となっていたが、これには限られない。圧電膜 33 と振動膜 30 との間に配置される第 1 電極 32 が圧力室 26 に個別の個別電極であり、圧電膜 33 の上面に配置される第 2 電極 34 が互いにつながって共通電極を形成していてもよい。

【0096】

また、以上では、ノズルからインクを吐出するインクジェットヘッドに本発明を適用した例について説明したが、これには限られない。例えば、液状化させた金属や樹脂など、インク以外の液体を吐出する液体吐出ヘッドに本発明を適用することも可能である。

20

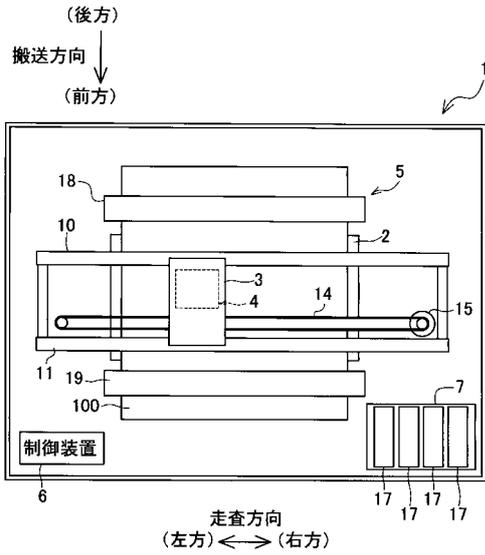
【符号の説明】

【0097】

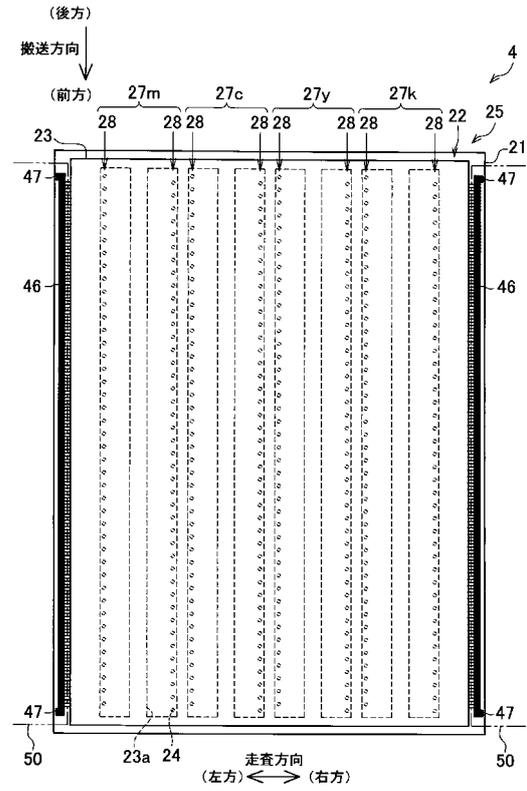
- 4 インクジェットヘッド
- 21 流路部材
- 24 ノズル
- 26 圧力室
- 30 振動膜
- 32 第 1 電極
- 33 圧電膜
- 34 第 2 電極

30

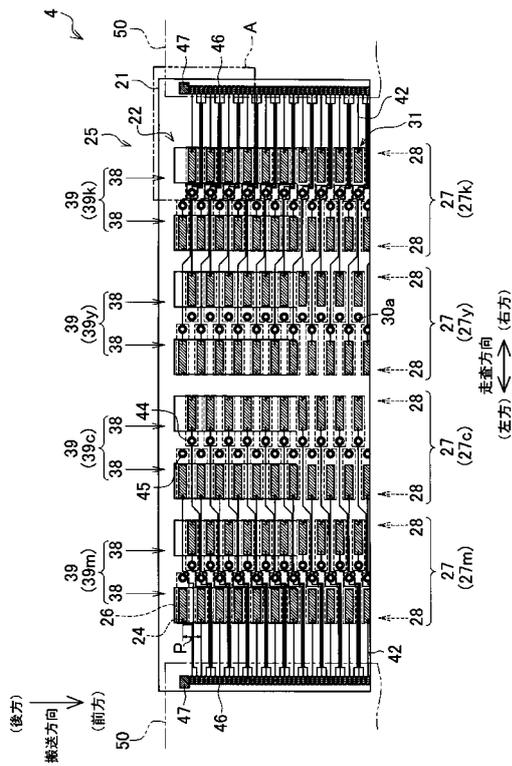
【 図 1 】



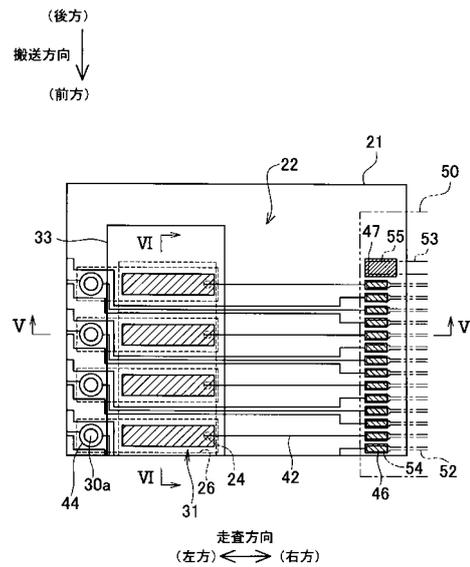
【 図 2 】



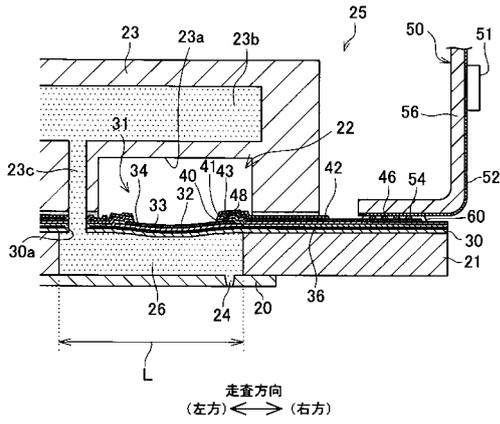
【 図 3 】



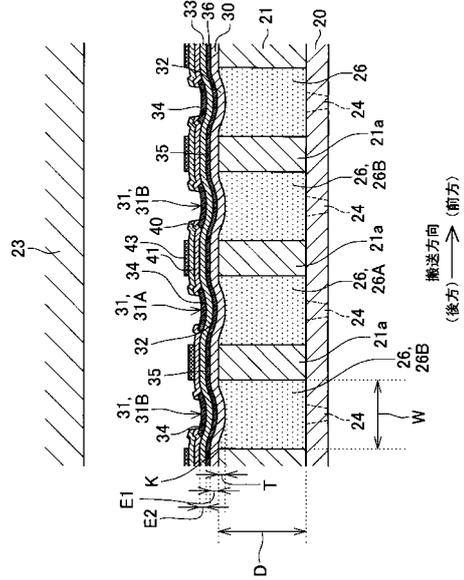
【 図 4 】



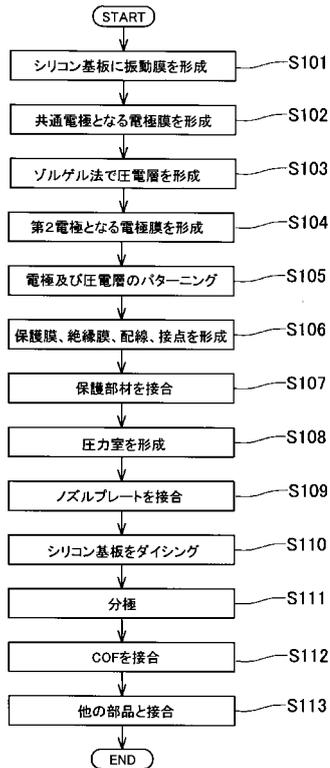
【 図 5 】



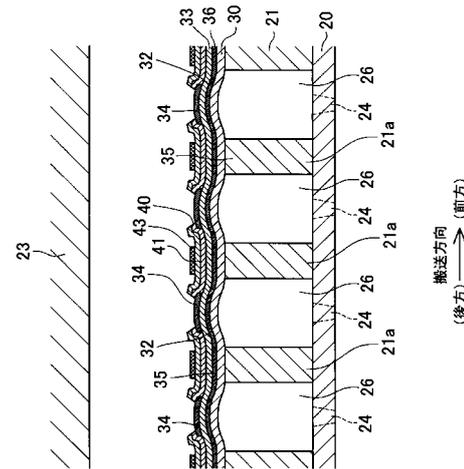
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】

