

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6478139号  
(P6478139)

(45) 発行日 平成31年3月6日 (2019.3.6)

(24) 登録日 平成31年2月15日 (2019.2.15)

(51) Int. Cl.

F I

**B 4 1 J** 2/14 (2006.01)  
**H 0 1 L** 41/09 (2006.01)  
**H 0 1 L** 41/257 (2013.01)  
**B 4 1 J** 2/16 (2006.01)

B 4 1 J 2/14 3 0 5  
H O 1 L 41/09  
H O 1 L 41/257  
B 4 1 J 2/14 6 1 1  
B 4 1 J 2/16 3 0 5

請求項の数 8 (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2014-55166 (P2014-55166)  
(22) 出願日 平成26年3月18日 (2014.3.18)  
(65) 公開番号 特開2015-174444 (P2015-174444A)  
(43) 公開日 平成27年10月5日 (2015.10.5)  
審査請求日 平成29年2月28日 (2017.2.28)

(73) 特許権者 000006747  
株式会社リコー  
東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号  
(74) 代理人 100098626  
弁理士 黒田 壽  
(72) 発明者 水上 智  
東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式  
会社リコー内  
(72) 発明者 近藤 尚弥  
東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式  
会社リコー内

審査官 島▲崎▼ 純一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液滴吐出ヘッドの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

液滴を吐出するノズルに連通する液室と、該液室内の液体を加圧可能にするよう該液室を形成する基板上に設けられた電気機械変換素子と、該電気機械変換素子の基板側の第 1 の駆動電極に接続される第 1 の端子電極と、該電気機械変換素子の基板と反対側の第 2 の駆動電極に接続される第 2 の端子電極と、該電気機械変換素子を変位可能に覆うように設けられた保持基板と、を備えた液滴吐出ヘッドの製造方法であって、

上記保持基板は、上記第 1 の端子電極の少なくとも一部を露出するための第 1 の開口部と、上記第 2 の端子電極の少なくとも一部を露出するための第 2 の開口部とを有し、

上記電気機械変換素子が設けられた基板上に上記保持基板を接合した後、該保持基板の該第 1 の開口部と該第 2 の開口部とが形成された面に対向するよう配置された放電電極で発生させたコロナ放電もしくはグロー放電により、該第 1 の開口部及び該第 2 の開口部を介して該第 1 の端子電極及び該第 2 の端子電極それぞれに電荷を供給して、該第 1 の駆動電極と該第 2 の駆動電極との間に電界を形成して電気機械変換素子を分極処理する工程を有し、

該放電電極により供給される電荷が所定量以上となる領域に該第 1 の開口部と該第 2 の開口部とを配置したことを特徴とする液滴吐出ヘッドの製造方法。

【請求項 2】

請求項 1 の液滴吐出ヘッドの製造方法において、前記液滴吐出ヘッドは、複数の電気機械変換素子と、該複数の電気機械変換素子に対応する複数の第 2 の端子電極を列状に配置

10

20

した第2の端子電極の列とを有し、該第2の端子電極の列と垂直な方向に関して、該第1の開口部の中心と該第2の開口部の中心との距離が3000[μm]以下であり、かつ、該第1の端子電極の中心と該第2の端子電極の中心との距離が3000[μm]以下であることを特徴とする液滴吐出ヘッドの製造方法。

【請求項3】

請求項2の液滴吐出ヘッドの製造方法において、上記第2の端子電極の中心と上記第2の開口部の端部との水平方向に関する距離が250[μm]以上であることを特徴とする液滴吐出ヘッドの製造方法。

【請求項4】

請求項2または3の液滴吐出ヘッドの製造方法において、上記第1の端子電極の中心と上記第1の開口部の端部との水平方向に関する距離が250[μm]以上であることを特徴とする液滴吐出ヘッドの製造方法。

10

【請求項5】

請求項2乃至4のいずれかの液滴吐出ヘッドの製造方法において、上記第2の開口部は上記複数の第2の端子電極に対して共通した開口となるよう連続的に形成したことを特徴とする液滴吐出ヘッドの製造方法。

【請求項6】

請求項1乃至5のいずれかの液滴吐出ヘッドの製造方法において、上記第1の開口部の面積が上記第1の端子電極の面積よりも大きいことを特徴とする液滴吐出ヘッドの製造方法。

20

【請求項7】

請求項1乃至6のいずれかの液滴吐出ヘッドの製造方法において、上記第2の開口部の面積が上記第2の端子電極の面積よりも大きいことを特徴とする液滴吐出ヘッドの製造方法。

【請求項8】

請求項1乃至7のいずれかの液滴吐出ヘッドの製造方法であって、

前記分極処理する工程は、該第1の端子電極及び該第2の端子電極を介して上記第1の駆動電極及び上記第2の駆動電極に互いに異なる電荷量の電荷を付与することを特徴とする液滴吐出ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【0001】

本発明は、液滴を吐出する液滴吐出ヘッド、その液滴吐出ヘッドを備えたプリンタ、ファクシミリ、複写装置等の画像形成装置、電気機械変換素子の分極処理方法、並びに、液滴吐出ヘッドの製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

一般に、プリンタ、ファックス、複写機、プロッタ、或いはこれらの内の複数の機能を複合した画像形成装置としては、例えばインクの液滴（以下、インク滴という）を吐出する液滴吐出ヘッドを備えたインクジェット記録装置がある。インクジェット記録装置では、媒体を搬送しながら液滴吐出ヘッドによりインク滴を用紙に付着させて画像形成を行う。ここでの媒体は「用紙」ともいうが材質を限定するものではなく、被記録媒体、記録媒体、転写材、記録紙なども同義で使用する。また、画像形成装置は、紙、糸、繊維、布帛、皮革、金属、プラスチック、ガラス、木材、セラミックス等の媒体に液滴を吐出して画像形成を行う装置を意味する。そして、画像形成とは、文字や図形等の意味を持つ画像を媒体に対して付与することだけでなく、パターン等の意味を持たない画像を媒体に付与する（単に液滴を吐出する）ことをも意味する。また、インクとは、所謂インクに限るものではなく、吐出されるときに液滴となるものであれば特に限定されるものではなく、例えばDNA試料、レジスト、パターン材料なども含まれる液体の総称として用いる。

40

【0003】

50

液滴吐出ヘッドとしては、インクなどの液体の液滴を吐出するノズルと、このノズルに連通し液体を収容した液室（圧力室、加圧室、吐出室などとも称される。）と、液室内の液体を加圧するための電気機械変換素子としての圧電素子と、を備えた構成が知られている。この液滴吐出ヘッドでは、圧電素子に電圧が印加されることにより、液室の壁の一部を形成する振動板を変形させるように振動し、その振動板の変形により液室内の液体が加圧され、ノズルから液滴を吐出させることができる。液滴吐出ヘッドには、圧電素子のたわみ振動モードの圧電アクチュエータを使用したものが実用化されている。

#### 【 0 0 0 4 】

たわみ振動モードの圧電アクチュエータに使用される圧電素子は、第 1 の駆動電極、圧電膜、第 2 の駆動電極とで構成される。液室を形成する基板上に振動板、圧電素子を積層形成し、さらに、圧電素子に絶縁膜、第 1、第 2 の駆動電極を外部と電気的に接続するための配線、端子電極を形成している。さらに、基板の圧電素子が形成された側の面に、圧電素子を、変位を妨げないように覆う保持基板を接合している（特許文献 1 参照）。

10

#### 【 0 0 0 5 】

上記圧電素子を構成する圧電膜の結晶は、その圧電素子の作製直後の状態では図 19 ( a ) に示すように分極の向きがランダムな状態となっている。その後、上記電圧印加を繰り返すことで、図 19 ( b ) に示すように圧電膜の結晶は分極の向きが揃ったドメインの集合体となってくる。この圧電膜の結晶の分極の向きは、圧電素子の分極特性及びその圧電素子を用いた液滴吐出ヘッドの特性の安定化のため、液滴吐出ヘッドの使用開始時から揃っていることが好ましい。

20

#### 【 0 0 0 6 】

従来、液滴吐出ヘッドの使用開始前に、圧電素子の分極の向きを揃える分極処理を行う方法が提案されている。例えば、特許文献 2 , 3 には、圧電素子に実使用時の駆動電圧よりも大きい分極電圧を圧電素子に印加する分極工程を実施し、駆動電圧に対する圧電素子の変位量を安定化させる圧電素子の製造方法が開示されている。また、特許文献 4 には、圧電膜の表面に間隙を介して対向するように、コロナ放電を発生させる放電電極を配置し、そのコロナ放電により圧電膜の表面に電荷を供給することにより、圧電膜内に電界を発生させて分極処理を行う方法が開示されている。

#### 【 発明の概要 】

#### 【 発明が解決しようとする課題 】

30

#### 【 0 0 0 7 】

しかしながら、上記特許文献 2 , 3 が開示されている分極工程を実施する方法では、圧電素子を構成する駆動電極又はその駆動電極に接続された端子電極に直接接触させて上記分極電圧を印加するためのプローブカードやそのプローブカードを駆動する駆動機構などを作製する必要があり、コスト高になるおそれがある。

#### 【 0 0 0 8 】

また、上記特許文献 4 が開示されている方法では、圧電膜が形成された後、その後の後工程（絶縁膜形成、配線・端子電極形成および保持基板接合）がおこなわれる前に、圧電膜の表面が露出した状態で分極処理を行う必要がある。分極処理が実施された圧電素子には、後工程である、絶縁膜形成、配線・端子電極形成時および保持基板接合時に熱処理がおこなわれる。このため、後工程での熱履歴等による影響で圧電素子が脱分極し、例えば図 20 の P - E ヒステリシス特性に示すように、電気機械変換能の特性が上記分極処理の前の状態に戻ってしまうおそれがある。

40

#### 【 0 0 0 9 】

本発明は、以上の問題点に鑑みなされたものであり、その目的は、製造コストの低減を図りつつ、良好な分極特性を有する電気機械変換素子を備えた液滴吐出ヘッド、画像形成装置、電気機械変換素子の分極処理方法、及び、液滴吐出ヘッドの製造方法を提供することである。

#### 【 課題を解決するための手段 】

#### 【 0 0 1 0 】

50

上記目的を達成するために、請求項 1 の発明は、液滴を吐出するノズルに連通する液室と、該液室内の液体を加圧可能にするよう該液室を形成する基板上に設けられた電気機械変換素子と、該電気機械変換素子の基板側の第 1 の駆動電極に接続される第 1 の端子電極と、該電気機械変換素子の基板と反対側の第 2 の駆動電極に接続される第 2 の端子電極と、該電気機械変換素子を変位可能に覆うように設けられた保持基板と、を備えた液滴吐出ヘッドの製造方法であって、上記保持基板は、上記第 1 の端子電極の少なくとも一部を露出するための第 1 の開口部と、上記第 2 の端子電極の少なくとも一部を露出するための第 2 の開口部とを有し、上記電気機械変換素子が設けられた基板に上記保持基板を接合した後、該保持基板の該第 1 の開口部と該第 2 の開口部とが形成された面に対向するよう配置された放電電極で発生させたコロナ放電もしくはグロー放電により、該第 1 の開口部及び該第 2 の開口部を介して該第 1 の端子電極及び該第 2 の端子電極それぞれに電荷を供給して、該第 1 の駆動電極と該第 2 の駆動電極との間に電界を形成して電気機械変換素子を分極処理する工程を有し、該放電電極により供給される電荷が所定量以上となる領域に該第 1 の開口部と該第 2 の開口部とを配置したことを特徴とするものである。

10

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、製造コストの低減を図りつつ、良好な分極特性を有する電気機械変換素子を備えた液滴吐出ヘッド、画像形成装置、電気機械変換素子の分極処理方法、及び、液滴吐出ヘッドの製造方法を提供することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図 1】本実施形態に係る液滴吐出ヘッドの基本構成部分である液滴吐出部の一構成例を示す概略構成図。

【図 2】図 1 の液滴吐出部を複数個並べた列の断面図。

【図 3】基板上の振動板及び圧電素子の層構造の一例を示す断面図。

【図 4】本実施形態に係る液滴吐出ヘッドの圧電素子周辺の平面図。

【図 5】本実施形態に係る液滴吐出ヘッドの圧電素子周辺の断面図であり、(a) は図 4 における断面 1、(b) は図 4 における断面 2 を示す。

【図 6】放電処理による共通電極パッド及び個別電極パッドへの電荷注入の様子を模式的に示す説明図。

30

【図 7】電荷注入による圧電素子の分極の原理を示す等価回路図。

【図 8】(a) 及び (b) はそれぞれ、分極処理前及び分極処理後の圧電素子の P - E ヒステリシスループ特性の測定例を示す特性図。

【図 9】分極処理装置の外観図。

【図 10】分極処理装置の配線の説明図。

【図 11】図 11 は図 9 における A - A' 線での断面図。

【図 12】本実施形態における共通パッド用開口部と個別パッド用開口部との配置、及び、共通電極パッドと個別電極パッドとの配置の説明図 (その 1)。

【図 13】本実施形態における共通パッド用開口部と個別パッド用開口部との配置、及び、共通電極パッドと個別電極パッドとの配置の説明図 (その 2)。

40

【図 14】本実施形態における分極装置のコロナ電極の配置の説明図。

【図 15】本実施形態における保持基板の共通パッド用開口部と個別パッド用開口部の他の例の配置の説明図。

【図 16】SrRuO<sub>3</sub> 膜を成膜した試料の X 線回折測定結果を示す特性図。

【図 17】本実施形態の液滴吐出ヘッドを備えたインクジェット記録装置の構成例を示す斜視図。

【図 18】本実施形態の液滴吐出ヘッドを備えたインクジェット記録装置の機構部の構成例を示す側面図。

【図 19】(a) は分極処理前における圧電膜の分域の様子を示す説明図。(b) は分極処理後における圧電膜の分域の様子を示す説明図である。

50

【図 20】分極処理前、分極処理後及び熱履歴後それぞれにおける圧電素子の P - E ヒステリシスループ特性を示すグラフ。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明を実施するため実施形態について図面を参照して説明する。

はじめに、本実施形態に係る液滴吐出ヘッドの基本構成について説明する。

図 1 は、実施形態に係る液滴吐出ヘッドの基本構成部分である液滴吐出部 10 の一構成例を示す概略構成図である。

【0014】

図 1 において、液滴吐出部 10 は、インクなどの液体の液滴を吐出するノズル 11 を有するノズル板 12 と、ノズル 11 に連通し液体を収容した液室 13 を形成する液室基板 14（以下、単に「基板」という。）とを備えている。更に、基板 14 上には、振動板 15 と、振動板 15 を介して液室 13 内の液体を加圧するための電気機械変換素子としての圧電素子 16 とが設けられている。圧電素子 16 は、基板 14 側となる第 1 の駆動電極である共通電極（下部電極）161 と、電気機械変換膜として、後述する PZT 等の圧電膜 162 と、圧電膜 162 の基板 14 側とは反対側の第 2 の駆動電極である個別電極（上部電極）163 とが積層されている。共通電極 161 は、後述の外部接続用の第 1 の端子電極である共通電極パッドに接続されている。また、個別電極 163 は、後述の外部接続用の第 2 の端子電極である個別電極パッドに接続されている。

【0015】

図 1 の液滴吐出部 10 において、共通電極パッド及び個別電極パッドを介して圧電素子 16 の共通電極 161 と個別電極 163 との間に所定の周波数及び振幅の駆動電圧が印加される。この駆動電圧が印加された圧電素子 16 が、基板 14 と圧電素子 16 との間にある振動板 15 を変形させるように振動し、振動板 15 の変形により液室 13 内の液体が加圧され、ノズル 11 から液滴を吐出させることができる。

【0016】

なお、図 1 では、1 つのノズル 11 からなる液滴吐出部 10 について説明したが、実際の液滴吐出ヘッドでは、図 2 に示すように、液滴吐出部 10 を複数個、列状に並べた構成を有している。

【0017】

図 3 は、基板上の振動板及び圧電素子の層構造の一例を示す断面図である。図 4 は、圧電素子 16 周辺のより詳細な平面図である。図 5（a）、（b）は、圧電素子 16 周辺のより詳細な断面図であり、（a）は図 4 における断面 1、（b）は図 4 における断面 2 を示している。なお、図 4 において、第 1 の絶縁保護膜 18 及び第 2 の絶縁保護膜 23 の図示は省略している。

圧電素子 16 の共通電極 161 と基板 14 との間には、成膜により形成された振動板 15 が配置されている。この振動板 15 に接するように、圧電素子 16 を構成する、共通電極 161、圧電膜 162、個別電極 163 が積層される。個別電極 163 が形成された後、圧電膜 162、個別電極 163 はエッチングにより個別化されている。圧電素子 16 が形成された後、第 1 の絶縁保護膜 18 が形成される。更に、共通電極 161 と第 1 の端子電極である共通電極パッド 19 とを接続する第 1 の配線部材としての共通電極引き出し配線 20 が形成される。また、個別電極 163 と第 2 の端子電極である個別電極パッド 21 とを接続する第 1 の配線部材としての個別電極引き出し配線 22 が形成される。第 1 の絶縁保護膜 18 は、共通電極 161 と個別電極引き出し配線 22 との間を電氣的に絶縁している。また、共通電極 161 と共通電極引き出し配線 20 との間、及び、個別電極 163 と個別電極引き出し配線 22 との間は、第 1 の絶縁保護膜 18 に形成された開口部であるコンタクトホール 18a を介して接続されている。

【0018】

上記共通電極引き出し配線 20 及び個別電極引き出し配線 22 が形成された後、全体を覆うように第 2 の絶縁保護膜 23 が形成される。また、第 2 の絶縁保護膜 23 には複数の

10

20

30

40

50

開口部 23a が設けられ、共通電極パッド 19、及び、個別電極パッド 21 が露出している。この第 2 の絶縁保護膜 23 が形成された後の基板 14 と圧電素子 16 と各種電極とを含む複合積層基板は、アクチュエータ基板 25 と呼ばれている。

#### 【0019】

このアクチュエータ基板 25 に対して、圧電素子 16 に空隙を介して非接触の状態で圧電素子 16 を覆うように設けられた構造体としての保持基板 26 が、接着剤で接合されている。保持基板 26 は、圧電素子 16 が位置する部分に、圧電素子 16 を空隙を介して覆うための凹部 26a が形成されている。また、保持基板 26 は、複数の圧電素子 16 に所定の振幅及び周波数からなるパルス駆動電圧を印加するための駆動用電気回路素子としての圧電素子駆動 IC が配置される開口部 26d を有している。この開口部 26d に個別電極パッド 21 が露出しており圧電素子駆動 IC は、パンプ電極などを介して、個別電極パッド 21 に電氣的に接続される。以下、この開口部 26d を個別パッド用開口部 26d という。また、保持基板 26 は、共通電極パッド 19 が露出している開口部（以下、共通パッド用開口部という）26c を有している。

10

#### 【0020】

なお、液滴吐出ヘッドを構成する、液体供給手段、流路、流体抵抗等については記載を省略したが、液滴吐出ヘッドに設けることのできる付帯設備を当然に設けることができる。

#### 【0021】

次に、アクチュエータ基板 25 に保持基板 26 を接合した後に行う圧電素子 16 の分極処理について説明する。

20

本実施形態では、共通電極パッド 19、個別電極パッド 21 がそれぞれ露出する共通パッド用開口部 26c、個別パッド用開口部 26d を有する保持基板 26 に対して、コロナ放電方式又はグロー放電方式の放電処理を行っている。この放電処理により、共通電極パッド 19 及び個別電極パッド 21 を介して、圧電素子 16 の共通電極 161 及び個別電極 163 に、所定極性の互いに異なる電荷量の電荷を付与している。この電荷付与により、圧電素子 16 の共通電極 161 及び個別電極 163 に挟まれた圧電膜 162 に対して分極処理を行うことができる。

#### 【0022】

図 6 は、放電処理による共通電極パッド 19 及び個別電極パッド 21 への電荷注入の様子を模式的に示す説明図である。図 7 は電荷注入による圧電素子 16 の分極の原理を示す等価回路図である。

30

図 6 において、コロナワイヤ電極 31 を用いて例えばコロナ放電させると、大気中の分子がイオン化して陽イオンと陰イオンが発生する。この発生したイオンのうち、陽イオンが共通電極パッド 19 及び個別電極パッド 21 を介して、圧電素子 16 の共通電極 161 及び個別電極 163 に流れ込み、それらの電極に蓄積される。

#### 【0023】

ここで、図 7 に示すように、これコロナ放電で発生した陽イオンは、共通電極パッド 19 及び個別電極パッド 21 の両方に供給される。個別電極パッド 21 に供給された電荷はそのまま個別電極 163 に流れ込み蓄積される。一方、共通電極パッド 19 に供給された電荷は、共通電極 161 の下側の振動板 15、基板 14 を介して GND に流れるものもあり、残りが共通電極 161 に蓄積される。このため、個別電極パッド 21 を介して個別電極 163 に蓄積された電荷と、共通電極パッド 19 を介して共通電極 161 に蓄積された電荷とは、所定の極性の異なる量の電荷となる。これにより個別電極 163 と共通電極 161 との間に電位差が発生して、圧電膜 162 の分極処理されているものと考えている。

40

#### 【0024】

ここで、圧電膜 162 の分極処理の状態については、圧電素子の P - E ヒステリシスループ特性から判断することができる。

図 8 (a) 及び (b) はそれぞれ、分極処理前及び分極処理後の圧電素子の P - E ヒステリシスループ特性の測定例を示すグラフである。図 8 に示すように  $\pm 150$  [kV/c

50

m]の電界強度かけてヒステリシスループを測定する。そして、最初の0[kV/cm]時の分極を $P_{ini}$ とし、+150[kV/cm]の電圧印加後、0[kV/cm]まで戻したときの0[kV/cm]時の分極を $P_r$ としたときに、 $P_r - P_{ini}$ の値を分極量差として定義する。この分極量差( $P_r - P_{ini}$ )から分極状態の良し悪しを判断することができる。例えば、分極量差( $P_r - P_{ini}$ )は10[ $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ ]以下となっていることが好ましく、図8(b)に示すように5[ $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ ]以下となっていることがさらに好ましい。一方、分極量差( $P_r - P_{ini}$ )の値が、図8(a)に示すように10[ $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ ]よりも大きい場合は、圧電素子からなる圧電アクチュエータとして連続駆動後の変位劣化については、十分な特性が得られない。

#### 【0025】

次に、分極処理をおこなう分極処理装置の構成の一例を、図9～図11を用いて説明する。

図9は、分極処理装置の外観図を示しており、図10は、分極処理装置の配線の説明図となっている。図11は図9におけるA-A'線での断面図を示す。

この分極処理装置は、コロナ電極71とグリッド電極73を具備しており、コロナ電極71、グリッド電極73はそれぞれコロナ電極用電源72、グリッド電極用電源74に接続されている。この際、図10に示すように、コロナ電極用電源72及びグリッド電極用電源74の各電極と接続されていない他方の端子は、例えば、サンプルステージ75のサンプルを設置する場所に接続することができる。また、後述のようにサンプルステージ75にアース線76を接続する場合には、アース線76に接続することができる。

#### 【0026】

コロナ電極71の構成は特に限定されるものではないが、例えば図に示すようにワイヤー形状を有する構成とすることができ、各種導電性の材料により構成することができる。

グリッド電極73は、コロナ電極71とサンプルステージ75との間に配置されている。グリッド電極73の構成は特に限定されるものではないが、例えば、メッシュ加工を施し、コロナ電極71に高電圧を印加したときに、コロナ放電により発生するイオンや電荷等を効率よく下のサンプルステージ75に降り注ぐように構成されていることが好ましい。

#### 【0027】

そして、サンプルステージ75には、圧電素子16を加熱できるように加熱機構が付加されている。圧電素子16を加熱する加熱機構の具体的手段は特に限定されるものではなく、各種ヒーターやランプ等を用いて加熱するように構成することができる。また、加熱機構は、サンプルステージ75内に設置することもでき、サンプルステージ75外から加熱するように設置することもできる。特に電極等との干渉を避けるため、サンプルステージ75内に設置されていることが好ましい。

#### 【0028】

サンプルステージ75に加熱機構を設置した場合の構成例について、図11を用いて説明する。なお、上述のように以下の構成に限定されるものではない。

図11(a)に示すように、サンプルステージ75は、サンプル保持部752内に、サンプル形状にあわせて形成されたサンプル保持用の溝751、及び、電熱線等からなる加熱機構753を有する構成とすることができる。また、後述のようにサンプルステージ75にアース線76を設けた構成とすることもできる。上記構成することにより、加熱機構753により、サンプルを特に均一に加熱しやすいため好ましい。特にサンプルを均一に加熱する観点から、サンプル保持部752は、金属により構成されていることが好ましく、例えばステンレス鋼や、インコネルをより好ましく用いることができる。特にサンプルを均一に加熱する観点からインコネルを特に好ましく用いることができる。

#### 【0029】

また、他の構成例として、図11(b)に示すように、サンプルステージ75を、サンプル保持部752と、加熱機構保持部754とに分けた構成とすることもできる。この場合、サンプル保持部752内には、サンプル保持用の溝751を形成することができる。ま

10

20

30

40

50

た、加熱機構保持部 754 内には、電熱線等からなる加熱機構 753 を有する構成とすることができる。この場合、サンプル保持部 752 については伝熱性を高めるため、金属により構成されていることが好ましく、例えばステンレス鋼や、インコネルをより好ましく用いることができ、特に均一に加熱する観点からインコネルを特に好ましく用いることができる。図 11 (b) に示した構成においては、サンプル保持部 752 と加熱機構保持部 754 については、単に積層したのみの構成とすることもできるし、両者を接着剤や固定具等により固定することもできる。

#### 【0030】

なお、図 11 (a)、(b) では、サンプル保持用の溝 751 を設けた構成を例に説明しているが、該溝を設けず、サンプル保持部 752 上の任意の場所にサンプルを設置するように構成してもよい。

10

加熱機構の最大加熱温度は特に限定されるものではなく、製造する圧電素子 16 の圧電膜 162 のキュリー温度等に応じて所定の温度に加熱できるように構成されていれば良い。特に各種圧電素子に対応できるよう、最大 350℃ まで加熱できるように構成されていることが好ましい。

また、サンプルステージ上に配置された試料に対して電荷が流れやすくするように試料を設置するサンプルステージ 75 はアース接地されていることが好ましい。すなわち、サンプルステージ 75 にはアース線 76 が接続されていることが好ましい。

コロナ電極やグリッド電極に印加する電圧の大きさや、試料と各電極間の距離は特に限定されるものではなく、十分に分極処理を施すことができるようにこれらを調整し、コロナ放電の強弱をつけることができる。

20

#### 【0031】

また、サンプルステージ 75 には、コロナ放電した時にサンプルに電荷等が照射（供給）されるエリアが限られるため、サンプル全体を処理できるようにサンプルの移動が可能な移動機構（不図示）が付加されている。移動手段は特に限定するものではない。

#### 【0032】

また、分極処理を行う際に必要な電荷量  $Q$  については特に限定されるものではないが、電気機械変換素子に  $1.0 \times 10^{-8}$  [C] 以上の電荷量が蓄積されることが好ましく、 $4.0 \times 10^{-8}$  [C] 以上の電荷量が蓄積されることがさらに好ましい。係る範囲の電荷量を圧電素子 16 に蓄積させることにより、より確実に上記分極量差を有するように良好な分極処理を行うことができる。

30

#### 【0033】

次に、本実施形態の液滴吐出ヘッドの特徴部について説明する。

特許文献 4 に記載された分極処理方法では、圧電膜 162 の表面が露出した状態で分極処理を行う必要がある。そのため、分極処理が実施された圧電素子に、300℃ を超える高温の熱処理を伴う、第 1 の絶縁保護膜 18、共通電極引き出し配線 20、個別電極引き出し配線 22、第 2 の絶縁保護膜 23 などを形成する工程が実施されることになる。さらに、100～200℃ の熱処理を伴う、保持基板 26 を接着剤で接合する工程が実施されることになる。このため、分極処理後の後工程での熱履歴等による影響で圧電素子が脱分極し、電気機械変換能の特性が分極処理の前の状態に戻ってしまうおそれがある。

40

#### 【0034】

本実施形態では、アクチュエータ基板 25 に保持基板 26 を接合した後の最終工程に近い段階で分極処理をおこなうことにより、後工程による熱履歴の影響による脱分極を防止できる。分極処理は、以下の手順でおこなう。すなわち、アクチュエータ基板 25 に保持基板 26 を接合した後、保持基板 26 の共通パッド用開口部 26c 及び個別パッド用開口部 26d が形成された面に、上述の分極装置のコロナ電極 71 を対向させる。そして、コロナ電極 71 により、共通電極パッド 19 が露出している共通パッド用開口部 26c、及び、個別電極パッド 21 が露出している個別パッド用開口部 26d に向けて放電処理を行い、共通電極パッド 19 及び個別電極パッド 21 に電荷を供給する。

#### 【0035】

50



この分極処理では、コロナ電極 7 1 で発生させたコロナ放電による電荷を、共通パッド用開口部 2 6 c および個別パッド用開口部 2 6 d を介して、共通電極パッド 1 9 及び個別電極パッド 2 1 それぞれに電荷を供給している。一方、コロナ放電では、コロナ電極 7 1 の近くでは放電が強く、放電電極から離れるに従って放電が弱くなる。このため、共通電極パッド 1 9 及び個別電極パッド 2 1 に供給される電荷の量は、コロナ電極 7 1 に対する共通パッド用開口部 2 6 c および個別パッド用開口部 2 6 d の配置によって変化する。すなわち、保持基板 2 6 の接合後に分極処理をおこなう際、共通パッド用開口部 2 6 c および個別パッド用開口部 2 6 d の配置が分極処理に対して大きな影響を及ぼしてしまう。

#### 【 0 0 3 6 】

本実施形態の液滴吐出ヘッドでは、共通パッド用開口部 2 6 c および個別パッド用開口部 2 6 d とを、コロナ電極 7 1 により供給される電荷が所定量以上となる領域になるように、互いに近くに配置している。これにより、共通パッド用開口部 2 6 c 内および個別パッド用開口部 2 6 d 内に所定量以上の電荷が供給でき、良好な分極処理を可能としている。一方、共通パッド用開口部 2 6 c および個別パッド用開口部 2 6 d とが、離れて配置されていると、共通パッド用開口部 2 6 c 内もしくは個別パッド用開口部 2 6 d 内に十分な電荷が供給できず、分極が進展し難くなる。

#### 【 0 0 3 7 】

具体的には、本実施形態の液滴吐出ヘッドでは、共通パッド用開口部 2 6 c と個別パッド用開口部 2 6 d との配置、さらには、各開口部から露出する共通電極パッド 1 9 と個別電極パッド 2 1 との配置を以下のようにしている。

#### 【 0 0 3 8 】

図 1 2、1 3 は、本実施形態における共通パッド用開口部 2 6 c と個別パッド用開口部 2 6 d との配置、及び、共通電極パッド 1 9 と個別電極パッド 2 1 との配置の説明図である。図 1 2、1 3 において、複数の個別電極パッド 2 1 が並んだ列方向を x 方向、列方向と垂直な方向を y 方向という。

#### 【 0 0 3 9 】

図 1 2 に示す、共通パッド用開口部 2 6 c の中心と個別パッド用開口部 2 6 d の中心との y 方向の距離（以下、距離 1 という）は、3 0 0 0 [  $\mu\text{m}$  ] 以下、さらに好ましくは 1 0 0 0 [  $\mu\text{m}$  ] 以下とする。距離 1 が上記範囲を超えると、共通パッド用開口部 2 6 c 内もしくは個別パッド用開口部 2 6 d 内に、コロナ電極 7 1 により発生させた電荷が所定量供給され難くなる。

#### 【 0 0 4 0 】

また、共通パッド用開口部 2 6 c から露出する共通電極パッド 1 9 の中心と、個別パッド用開口部 2 6 d から露出する個別電極パッド 2 1 の中心との y 方向の距離（以下、距離 6 という）は、3 0 0 0 [  $\mu\text{m}$  ] 以下、さらに好ましくは 1 0 0 0 [  $\mu\text{m}$  ] 以下とする。距離 6 が上記範囲を超えると、共通パッド用開口部 2 6 c 及び個別パッド用開口部 2 6 d を介してその内部に所定量以上の電荷が供給されたとしても、共通電極パッド 1 9 もしくは個別電極パッド 2 1 に電荷が供給され難くなる。

#### 【 0 0 4 1 】

共通パッド用開口部 2 6 c、個別パッド用開口部 2 6 d は、図 1 2、1 3 のように共通電極パッド 1 9、個別電極パッド 2 1 の全部を露出するものでなくとも、その一部を露出するものであればよい。一部を露出する形状であっても、距離 1 を 3 0 0 0 [  $\mu\text{m}$  ] 以下とし、距離 6 を 3 0 0 0 [  $\mu\text{m}$  ] 以下とすることで、共通電極パッド 1 9 および個別電極パッド 2 1 に分極処理に必要な電荷を供給することができる。

#### 【 0 0 4 2 】

図 1 4 は、本実施形態における分極装置のコロナ電極の配置の説明図である。コロナ電極 7 1 を共通電極パッド 1 9 の中心と個別電極パッド 2 1 の中心との y 方向に関する中間位置に x 方向と平行に配置することで、複数の個別電極パッド 2 1 と共通電極パッド 1 9 とに一括して電荷を供給して分極処理を実施する。後述の実験で、距離 1 が 3 0 0 0 [  $\mu\text{m}$  ] 以下、距離 6 が 3 0 0 0 [  $\mu\text{m}$  ] 以下では、分極処理が良好におこなわれるが、距離

1、距離6がこの範囲を超えると、分極処理が進展し難くなることを確認している。

【0043】

さらに、図13に示すように、共通電極パッド19の中心と共通パッド用開口部26cの端部とのy方向の距離(距離2)を250[μm]以上、さらに好ましくは400[μm]以上とする。また、共通電極パッド19の中心と共通パッド用開口部26cの端部とのx方向の距離(距離4)を、250[μm]以上、さらに好ましくは400[μm]以上とする。すなわち、共通電極パッド19の中心と共通パッド用開口部26cの端部との、水平方向に関する距離を250[μm]以上、さらに好ましくは400[μm]以上としている。共通電極パッド19の中心が共通パッド用開口部26cの端部に近すぎると、共通電極パッド19に供給される電荷量が少なくなる。

10

【0044】

また、個別電極パッド21の中心と個別パッド用開口部26dの端部とのy方向の距離(距離3)を、250[μm]以上、さらに好ましくは400[μm]以上とする。また、個別電極パッド21の中心と個別パッド用開口部26dの端部とのx方向の距離(距離5)を、250[μm]以上、さらに好ましくは400[μm]以上とする。すなわち、個別電極パッド21の中心と、個別パッド用開口部26dの端部との、水平方向に関する距離を250[μm]以上、さらに好ましくは400[μm]以上としている。個別電極パッド21の中心が個別パッド用開口部26dの端部に近すぎると、個別電極パッド21に供給される電荷量が少なくなる。

【0045】

20

すなわち、共通電極パッド19の中心と共通パッド用開口部26cの端部との距離、及び、個別電極パッド21の中心と個別パッド用開口部26dの端部との距離が上記範囲とすることで、共通電極パッド19、個別電極パッド21に電荷が供給されやすい。このため、後述の実験で示すように、分極処理が進展しやすくなる。

【0046】

また、共通電極パッド19の面積や共通パッド用開口部26cの面積については特に規定はないが、共通電極パッド19に比べて共通パッド用開口部26cの面積が大きいことが好ましい。この関係が崩れたとしても全く分極進展しないといった不具合は発生しないが、共通パッド用開口部26cの面積を広げたほうが比較的分極しやすいことが確認されている。

30

【0047】

また、個別電極パッド21の面積や個別パッド用開口部26dの面積については特に規定はないが、個別電極パッド21に比べて個別パッド用開口部26dの面積が大きいことが好ましい。この関係が崩れたとしても全く分極が進展しないといった不具合は発生しないが、個別パッド用開口部26dの面積を広げたほうが比較的分極しやすいことが確認されている。

【0048】

また、個別パッド用開口部26dは、複数の個別電極パッド21に対してそれぞれ個別パッド用開口部26dを設ける必要はない。図12~14に示すように、複数の個別電極パッド21に対して連続的に開口されている個別パッド用開口部26dの形状とすることが好ましい。複数の個別電極パッド21に対してそれぞれ個別パッド用開口部26dを設けた構成では、分極効率が低下することが確認されている。

40

【0049】

さらに、図15に示すように、共通パッド用開口部26cと個別パッド用開口部26dとを連続的に開口されている形状としてもよい。

【0050】

以下に、本実施形態の液滴吐出ヘッドを構成する材料、工法について具体的に説明する。

【0051】

〔基板〕

50

基板 14 としては、シリコン単結晶基板を用いることが好ましく、通常 100 [  $\mu\text{m}$  ] 以上 600 [  $\mu\text{m}$  ] 以下の範囲の厚みを持つことが好ましい。面方位としては、(100)、(110)、(111) と 3 種あるが、半導体産業では一般的に (100)、(111) が広く使用されており、本構成例においては、主に (100) の面方位を持つ単結晶基板を主に使用した。また、図 1 に示すような液室 ( 圧力室 ) 13 を作製していく場合、エッチングを利用してシリコン単結晶基板を加工していく。この場合のエッチング方法としては、異方性エッチングを用いることが一般的である。異方性エッチングとは結晶構造の面方位に対してエッチング速度が異なる性質を利用したものである。例えば KOH 等のアルカリ溶液に浸漬させた異方性エッチングでは、(100) 面に比べて (111) 面は約 1 / 400 程度のエッチング速度となる。従って、面方位 (100) では約 54° の傾斜を持つ構造体が作製できるのに対して、面方位 (110) では深い溝をほることができ、より剛性を保ちつつ、配列密度を高くすることができていることが分かっている。本構成例としては (110) の面方位を持った単結晶基板を使用することも可能である。但し、この場合、マスク材である  $\text{SiO}_2$  もエッチングされてしまうため、この点も留意して利用することが好ましい。

#### 【0052】

##### 〔振動板〕

図 1 に示すように電気機械変換素子としての圧電素子 16 によって発生した力を受けて、その下地の振動板 15 が変形して、液室 ( 圧力室 ) 13 のインクなどの液体の液滴を吐出させる。そのため、振動板 15 としては所定の強度を有したものであることが好ましい。材料としては、 $\text{Si}$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  などを例えば CVD ( Chemical Vapor Deposition ) 法により作製したものが挙げられる。さらに図 1 に示すような共通電極 161 及び圧電膜 162 の線膨張係数に近い材料を選択することが好ましい。特に、圧電膜としては、一般的に材料として、後述する PZT が使用される場合が多い。従って、振動板 15 の材料は、PZT の線膨張係数  $8 \times 10^{-6}$  ( 1 / K ) に近い  $5 \times 10^{-6}$  ( 1 / K ) 以上  $10 \times 10^{-6}$  ( 1 / K ) 以下の範囲の線膨張係数を有した材料が好ましく、さらには  $7 \times 10^{-6}$  ( 1 / K ) 以上  $9 \times 10^{-6}$  ( 1 / K ) 以下の範囲の線膨張係数を有した材料がより好ましい。具体的な材料としては、酸化アルミニウム、酸化ジルコニウム、酸化イリジウム、酸化ルテニウム、酸化タンタル、酸化ハフニウム、酸化オスミウム、酸化レニウム、酸化ロジウム、酸化パラジウム及びそれらの化合物等が挙げられる。これらの材料を、例えばスパッタ法又はゾルゲル法を用いてスピコートにて作製することができる。膜厚としては 0.1 [  $\mu\text{m}$  ] 以上 10 [  $\mu\text{m}$  ] 以下の範囲が好ましく、0.5 [  $\mu\text{m}$  ] 以上 3 [  $\mu\text{m}$  ] 以下の範囲がさらに好ましい。この範囲より小さいと、図 1 に示すような液室 ( 圧力室 ) 13 の加工が難しくなる。また、上記範囲より大きいと振動板 15 が変形しにくくなり、インク滴などの液滴の吐出が不安定になる。

#### 【0053】

##### 〔共通電極 ( 下部電極 ) 〕

共通電極 ( 下部電極 ) 161 としては、金属もしくは金属と酸化物からなっていることが好ましい。ここで、どちらの材料も振動板 15 と共通電極 161 を構成する金属膜との間に密着層を入れて剥がれ等を抑制するように工夫している。以下に密着層含めて金属電極膜及び酸化物電極膜の詳細について記載する。

#### 【0054】

##### 〔密着層〕

密着層は、例えば次のように形成する。 $\text{Ti}$  をスパッタ成膜後、成膜したチタン膜を RTA ( Rapid Thermal Annealing ) 装置を用いて熱酸化して酸化チタン膜にする。熱酸化の条件は、例えば、650 [ ] 以上 800 [ ] 以下の範囲の温度、1 [ 分 ] 以上 30 [ 分 ] 以下の範囲の処理時間、及び  $\text{O}_2$  雰囲気である。酸化チタン膜を作成するには反応性スパッタでもよいがチタン膜の高温による熱酸化法が望ましい。反応性スパッタによる作製では、シリコン基板を高温で加熱する必要があるため、特別な

スパッタチャンバ構成を必要とする。さらに、一般の炉による酸化よりも、R T A 装置による酸化の方がチタン $O_2$ 膜の結晶性が良好になる。なぜなら、通常の加熱炉による酸化によれば、酸化しやすいチタン膜は、低温においてはいくつもの結晶構造を作るため、一旦、それを壊す必要が生じるためである。したがって、昇温速度の速いR T A による酸化の方が良好な結晶を形成するために有利になる。また、T i 以外の材料としては、T a、I r、R u等の材料を用いることもできる。密着層の膜厚としては、10 [nm] 以上50 [nm] 以下の範囲が好ましく、15 [nm] 以上30 [nm] 以下の範囲がさらに好ましい。この範囲以下の場合においては、密着性に懸念があり、また、この範囲以上になると、その密着層の上で作製する電極膜の結晶の質に影響が出てくる。

#### 【0055】

##### 〔金属電極膜〕

金属電極膜の金属材料としては、従来から高い耐熱性と低い反応性を有する白金が用いられているが、鉛に対しては十分なバリア性を持つとはいえない場合もあり、イリジウムや白金-ロジウムなどの白金族元素や、これらの合金膜も挙げられる。また、白金を使用する場合には下地（特に $SiO_2$ ）との密着性が悪いために、前述の密着層を先に積層することが好ましい。作製方法としては、スパッタ法や真空蒸着等の真空成膜が一般的である。膜厚としては、80 [nm] 以上200 [nm] 以下の範囲が好ましく、100 [nm] 以上150 [nm] 以下の範囲がより好ましい。この範囲より薄い場合においては、共通電極161として十分な電流を供給することができなくなり、液滴を吐出する際に不具合が発生する。さらに、この範囲より厚い場合においては、白金族元素の高価な材料を使用する場合においては、コストアップとなる。また、白金を材料とした場合においては、膜厚を厚くしていたときに表面粗さが大きくなり、その上に作製する酸化物電極膜やP Z Tの表面粗さや結晶配向性に影響を及ぼして、インク吐出に十分な変位が得られないような不具合が発生する。

#### 【0056】

##### 〔酸化物電極膜〕

酸化物電極膜の材料としては、ルテニウム酸ストロンチウム( $SrRuO_3$ 、以下適宜「SRO」と略す。)を用いることが好ましい。ルテニウム酸ストロンチウムの一部を置換した材料、具体的には、 $Sr_x A_{(1-x)} Ru_y B_{(1-y)} O_3$  (式中、AはBa、Ca、BはCo、Ni、 $x, y = 0 \sim 0.5$ )で表される材料についても好ましく用いることができる。酸化物電極膜は、例えばスパッタ法等の成膜方法により作製することができる。スパッタ条件によって $SrRuO_3$ の薄膜の膜質が変わる。従って、特に結晶配向性を重視し、共通電極のPt(111)にならって $SrRuO_3$ の膜についても(111)配向させるためには、成膜温度については500 [ ] 以上での基板加熱を行い、成膜することが好ましい。例えば特許文献2に記載のSRO成膜条件については、室温成膜でその後、R T A 処理にて結晶化温度(650 )で熱酸加している。この場合、SRO膜としては、十分結晶化され、電極としての比抵抗としても十分な値が得られるが、膜の結晶配向性としては、(110)が優先配向しやすくなり、その上に成膜したP Z Tについても(110)配向しやすくなる。

#### 【0057】

Pt(111)上に作製したSROの結晶性については、PtとSROで格子定数が近いこと、通常のX線の $2\theta$ 測定では、SRO(111)とPt(111)の2θ位置が重なってしまい判別が難しい。Ptについては消滅則の関係から $\psi = 35^\circ$ だけ傾けた2θが約32°付近の位置には回折線が打ち消し合い、回折強度が見られない。そのため、 $\psi$ 方向を約35°傾けて、2θが約32°付近のピーク強度で判断することで、SROが(111)に優先配向しているかを確認することができる。

#### 【0058】

図16に、 $2\theta = 32^\circ$ に固定し、 $\psi$ を振ったときのデータを示す。 $\psi = 0^\circ$ ではSRO(110)ではほとんど回折強度が見られず、 $\psi = 35^\circ$ 付近において、回折強度が見られる。これより、本成膜条件にて作製したものについては、SROが(1

10

20

30

40

50

11) 配向していることが確認できた。また、上述記載の室温成膜 + R T A 処理により作製された S R O については、 $P s i = 0^\circ$  のときに S R O ( 1 1 0 ) の回折強度が見られる。

#### 【 0 0 5 9 】

また、圧電アクチュエータとして連続動作したときに、駆動させた後の変位量が、初期変位に比べてどのくらい劣化したかを見積もったところ、P Z T の配向性が非常に影響しており、( 1 1 0 ) では変位劣化抑制において不十分である。さらに S R O 膜の表面粗さを見たときに、成膜温度に影響し、室温から 3 0 0 ° では表面粗さが非常に小さく 2 [ n m ] 以下になる。粗さについては A F M により測定される表面粗さ ( 平均粗さ ) を指標としている。表面粗さとしては、非常にフラットにはなっているが結晶性が十分でなく、その後成膜した圧電膜 ( P Z T 膜 ) の圧電アクチュエータとしての初期変位や連続駆動後の変位劣化については十分な特性が得られない。表面粗さとしては、4 [ n m ] 以上 1 5 [ n m ] の範囲になっていることが好ましく、6 [ n m ] 以上 1 0 [ n m ] 以下の範囲がさらに好ましい。この範囲を超えると、その後成膜した P Z T の絶縁耐圧が非常に悪く、リークしやすくなる。従って上述に示すような、結晶性や表面粗さを得るためには、成膜温度としては 5 0 0 [ ° C ] 以上 7 0 0 [ ° C ] 、好ましくは 5 2 0 [ ° C ] 以上 6 0 0 [ ° C ] の範囲で成膜を実施している。

#### 【 0 0 6 0 】

成膜後の S r と R u の組成比については、 $S r / R u$  が 0 . 8 2 以上 1 . 2 2 以下であることが好ましい。この範囲から外れると比抵抗が大きくなり、電極として十分な導電性が得られなくなる。更に、S R O 膜の膜厚としては、4 0 [ n m ] 以上 1 5 0 [ n m ] 以下の範囲が好ましく、5 0 [ n m ] 以上 8 0 [ n m ] 以下の範囲がさらに好ましい。この膜厚範囲よりも薄いと初期変位や連続駆動後の変位劣化については十分な特性が得られず、圧電膜 ( P Z T 膜 ) のオーバーエッチングを抑制するためのストップエッチング層としての機能も得られにくくなる。また、この膜厚範囲を超えると、その後に成膜した圧電膜 ( P Z T 膜 ) の絶縁耐圧が非常に悪く、リークしやすくなる。また、比抵抗としては、 $5 \times 10^{-3}$  [  $\Omega \cdot cm$  ] 以下になっていることが好ましく、さらに  $1 \times 10^{-3}$  [  $\Omega \cdot cm$  ] 以下になっていることがさらに好ましい。この範囲よりも大きくなると共通電極 1 6 1 として、共通電極引き出し配線 2 0 との界面で接触抵抗が十分得られず、共通電極 1 6 1 として十分な電流を供給することが出来なくなり、液滴を吐出する際に不具合が発生する。

#### 【 0 0 6 1 】

〔圧電膜 ( 電気機械変換膜 ) 〕

圧電膜 1 6 2 の材料としては、P Z T を主に使用した。P Z T とはジルコン酸鉛 (  $P b T i O_3$  ) とチタン酸 (  $P b T i O_3$  ) の固溶体で、その比率により特性が異なる。一般的に優れた圧電特性を示す組成は  $P b Z r O_3$  と  $P b T i O_3$  の比率が 5 3 : 4 7 の割合で、化学式で示すと  $P b ( Z r_{0.53}, T i_{0.47} ) O_3$  、一般 P Z T ( 5 3 / 4 7 ) と示される。P Z T 以外の複合酸化物としてはチタン酸バリウムなどが挙げられ、この場合はバリウムアルコキシド、チタンアルコキシド化合物を出発材料にし、共通溶媒に溶解させることでチタン酸バリウム前駆体溶液を作製することも可能である。これら材料は一般式  $A B O_3$  で記述され、 $A = P b, B a, S r, B = T i, Z r, S n, N i, Z n, M g, N b$  を主成分とする複合酸化物が該当する。その具体的な記述として  $( P b_{1-x}, B a_x ) ( Z r, T i ) O_3$  、 $( P b_{1-x}, S r_x ) ( Z r, T i ) O_3$  、これは A サイトの P b を一部 B a や S r で置換した場合である。このような置換は 2 価の元素であれば可能であり、その効果は熱処理中の鉛の蒸発による特性劣化を低減させる作用を示す。

#### 【 0 0 6 2 】

圧電膜 1 6 2 の作製方法としては、スパッタ法もしくは、ゾルゲル法を用いてスピナーにて作製することができる。その場合は、パターンニング化が必要となるので、フォトリソエッチング等により所望のパターンを得る。P Z T をゾルゲル法により作製した場

合、出発材料に酢酸鉛、ジルコニウムアルコキシド、チタンアルコキシド化合物を出発材料にし、共通溶媒としてメトキシエタノールに溶解させ均一溶液を得ることで、PZT前駆体溶液が作製できる。金属アルコキシド化合物は大気中の水分により容易に加水分解してしまうので、前駆体溶液に安定剤としてアセチルアセトン、酢酸、ジエタノールアミンなどの安定化剤を適量、添加してもよい。

#### 【0063】

基板14の全面に圧電膜(PZT膜)162を得る場合、スピンコートなどの溶液塗布法により塗膜を形成し、溶媒乾燥、熱分解、結晶化の各々の熱処理を施すことで得られる。塗膜から結晶化膜への変態には体積収縮が伴うので、クラックフリーな膜を得るには一度の工程で100[nm]以下の膜厚が得られるように前駆体濃度の調整が必要になる。

10

#### 【0064】

圧電膜162の膜厚としては0.5[μm]以上5[μm]以下の範囲が好ましく、1[μm]以上2[μm]以下の範囲がより好ましい。この範囲より小さいと十分な変形(変位)を発生することができなくなり、この範囲より大きいと何層も積層させていくため、工程数が多くなりプロセス時間が長くなる。

また、圧電膜162の比誘電率としては600以上2000以下の範囲になっていることが好ましく、さらに1200以上1600以下の範囲になっていることが好ましい。このとき、この範囲よりも小さいときには十分な変形(変位)特性が得られないといった不具合が発生する。一方、この範囲より大きくなると、分極処理が十分行われず、連続駆動後の変位劣化については十分な特性が得られないといった不具合が発生する。

20

#### 【0065】

##### 〔個別電極(上部電極)〕

個別電極(上部電極)163としては、金属もしくは酸化物と金属からなっていることが好ましい。以下に酸化物電極膜及び金属電極膜の詳細について記載する。

#### 【0066】

##### 〔酸化物電極膜〕

酸化物電極膜の材料等については、前述の共通電極(下部電極)161で使用した酸化物電極膜について記載したものと同様なものを挙げることができる。酸化物電極膜(SRO膜)の膜厚としては、20[nm]以上80[nm]以下の範囲が好ましく、40[nm]以上60[nm]以下の範囲がさらに好ましい。この膜厚範囲よりも薄いと初期変形(変位)や変形(変位)の劣化特性については十分な特性が得られない。また、この範囲を超えると、その後に成膜した圧電膜(PZT膜)162の絶縁耐圧が非常に悪く、リークしやすくなる。

30

#### 【0067】

##### 〔金属電極膜〕

金属電極膜の材料等については、前述の共通電極(下部電極)161で使用した金属電極膜について記載したものと同様なものを挙げることができる。金属電極膜として記載しており、膜厚としては30[nm]以上200[nm]以下の範囲が好ましく、50[nm]以上120[nm]以下の範囲がさらに好ましい。この範囲より薄い場合においては、個別電極163として十分な電流を供給することができなくなり、液滴を吐出する際に不具合が発生する。また、上記範囲より厚いと、白金族元素の高価な材料を使用する場合にコストアップとなる。また、白金を材料とした場合に膜厚を厚くしていたときに表面粗さが大きくなり、絶縁保護膜を介して配線などを作製する際に、膜剥がれ等のプロセス不具合が発生しやすくなる。

40

#### 【0068】

##### 〔第1の絶縁保護膜〕

成膜・エッチングの工程による圧電素子へのダメージを防ぐとともに、大気中の水分が透過しづらい材料を選定する必要があるため、第1の絶縁保護膜18の材料は緻密な無機材料とする必要がある。また、第1の絶縁保護膜18として有機材料を用いる場合は、十分な保護性能を得るために膜厚を厚くする必要があるため、適さない。第1の絶縁保護膜

50

18を厚い膜とした場合、振動板15の振動を著しく阻害してしまうため、吐出性能の低い液滴吐出ヘッドになってしまう。薄膜で高い保護性能を得るには、酸化物、窒化物、炭化膜を用いるのが好ましいが、第1の絶縁保護膜18の下地となる電極材料、圧電膜材料及び振動板材料と密着性が高い材料を選定する必要がある。また、第1の絶縁保護膜18の成膜法も、圧電素子16を損傷しない成膜方法を選定する必要がある。すなわち、反応性ガスをプラズマ化して基板上に堆積するプラズマCVD法やプラズマをターゲット材に衝突させて飛ばすことで成膜するスパッタリング法は好ましくない。第1の絶縁保護膜18の好ましい成膜方法としては、蒸着法、ALD(Atomic Layer Deposition)法などが例示できるが、使用できる材料の選択肢が広いALD法が好ましい。好ましい材料としては、 $Al_2O_3$ 、 $ZrO_2$ 、 $Y_2O_3$ 、 $Ta_2O_5$ 、 $TiO_2$ などのセラミクス材料に用いられる酸化物が例として挙げられる。特にALD法を用いることで、膜密度の非常に高い薄膜を作製し、プロセス中でのダメージを抑制することができる。

10

#### 【0069】

第1の絶縁保護膜18の膜厚は、圧電素子16の保護性能を確保できる十分な薄膜とする必要があると同時に、振動板15の変形(変位)を阻害しないように可能な限り薄くする必要がある。第1の絶縁保護膜18の膜厚は、20[nm]以上100[nm]以下の範囲が好ましい。100[nm]より厚い場合は、振動板15の変形(変位)量が低下するため、吐出効率の低い液滴吐出ヘッドとなる。一方、20[nm]より薄い場合は、圧電素子16の保護層としての機能が不足してしまうため、圧電素子16の性能が前述の通り低下してしまう。

20

#### 【0070】

また、第1の絶縁保護膜18を2層にする構成も考えられる。この場合は、2層目の絶縁保護膜を厚くするため、振動板15の振動を著しく阻害しないように個別電極(上部電極)163付近において2層目の絶縁保護膜を開口するような構成も挙げられる。この場合、2層目の絶縁保護膜としては、任意の酸化物、窒化物、炭化物またはこれらの複合化合物を用いることができ、また、半導体デバイスで一般的に用いられる $SiO_2$ を用いることもできる。2層の第1の絶縁保護膜18の成膜は任意の手法を用いることができ、例えばCVD法、スパッタリング法等が例示できる。電極形成部等のパターン形成部の段差被覆を考慮すると等方的に成膜できるCVD法を用いることが好ましい。2層目の絶縁保護膜の膜厚は共通電極(下部電極)161と個別電極引き出し配線22との間に印加される電圧で絶縁破壊されない膜厚とする必要がある。すなわち第1の絶縁保護膜18に印加される電界強度を、絶縁破壊しない範囲に設定する必要がある。さらに、第1の絶縁保護膜18の下地の表面性やピンホール等を考慮すると、第1の絶縁保護膜18の膜厚は200[nm]以上必要であり、さらに好ましくは500[nm]以上である。

30

#### 【0071】

##### 〔配線〕

共通電極引き出し配線20、個別電極引き出し配線22の材料は、Ag合金、Cu、Al、Au、Pt、Irのいずれかから成る金属電極材料であることが好ましい。これらの配線の作製方法としては、スパッタ法、スピンコート法を用いて作製し、その後フォトリソエッチング等により所望のパターンを得る。膜厚としては、0.1[μm]以上20[μm]以下の範囲が好ましく、0.2[μm]以上10[μm]以下の範囲がさらに好ましい。この範囲より小さいと抵抗が大きくなり電極に十分な電流を流すことができなくなりヘッド吐出が不安定になる。一方、この範囲より大きいとプロセス時間が長くなる。また、共通電極161及び個別電極163に接続されるコンタクトホール部(例えば10[μm]×10[μm])での接触抵抗としては、共通電極161に対して10[ ]以下、個別電極163に対して1[ ]以下が好ましい。さらに好ましくは、共通電極161に対して5[ ]以下、個別電極163に対して0.5[ ]以下である。この範囲を超えると十分な電流を供給することができなくなり、液滴を吐出する際に不具合が発生する。

40

50

## 【 0 0 7 2 】

共通電極引き出し配線 2 0 のうち、第 2 の絶縁保護膜 2 3 の開口部 2 3 a から露出している部分が下部用端子電極としての共通電極パッド 1 9 となる。また、個別電極引き出し配線 2 2 のうち、第 2 の絶縁保護膜 2 3 の開口部 2 3 a から露出している部分が上部用端子電極としての個別電極パッド 2 1 となる。

## 【 0 0 7 3 】

〔第 2 の絶縁保護膜〕

第 2 の絶縁保護膜 2 3 としての機能は、個別電極引き出し配線 2 2 や共通電極引き出し配線 2 0 の保護層としての機能を有するパシベーション層である。第 2 の絶縁保護膜 2 3 は、前述のように、個別電極パッド 2 1 を形成するための開口部 2 3 a と共通電極パッド 1 9 を形成するための開口部 2 3 a を除き、個別電極引き出し配線 2 2 や共通電極引き出し配線 2 0 を被覆する。これにより、電極材料に安価な A 1 もしくは A 1 を主成分とする合金材料を用いることができる。その結果、低コストかつ信頼性の高い液滴吐出ヘッド（インクジェットヘッド）とすることができる。第 2 の絶縁保護膜 2 3 の材料としては、任意の無機材料、有機材料を使用することができるが、透湿性の低い材料とする必要がある。無機材料としては、酸化物、窒化物、炭化物等が例示でき、有機材料としてはポリイミド、アクリル樹脂、ウレタン樹脂等が例示できる。ただし、有機材料の場合には厚膜とすることが必要となるため、パターンングに適さない。そのため、薄膜で配線保護機能を発揮できる無機材料とすることが好ましい。特に、A 1 配線上に  $\text{Si}_3\text{N}_4$  を用いることが、半導体デバイスで実績のある技術であるため好ましい。また、膜厚は 2 0 0 [nm] 以上とすることが好ましく、さらに好ましくは 5 0 0 [nm] 以上である。膜厚が薄い場合は十分なパシベーション機能を発揮できないため、配線材料の腐食による断線が発生し、インクジェットの信頼性を低下させてしまう。

## 【 0 0 7 4 】

また、圧電素子 1 6 上とその周囲の振動板 1 5 上に開口部をもつ構造が好ましい。これは、前述の第 1 の絶縁保護膜 1 8 の個別液室に対応した領域を薄くしていることと同様の理由である。これにより、高効率かつ高信頼性の液滴吐出ヘッド（インクジェットヘッド）とすることが可能になる。

## 【 0 0 7 5 】

絶縁保護膜 1 8、2 3 で圧電素子 1 6 が保護されているため、第 2 の絶縁保護膜 2 3 の開口部の形成には、フォトリソグラフィ法とドライエッチングを用いることができる。また、第 2 の絶縁保護膜 2 3 の開口部により設けられる個別電極パッド 2 1、共通電極パッド 1 9 の面積については、 $50 \times 50 [\mu\text{m}^2]$  以上になっていることが好ましく、さらに  $100 \times 300 [\mu\text{m}^2]$  以上になっていることが好ましい。この値に満たない場合は、十分な分極処理ができなくなり、連続駆動後の変形（変位）劣化については十分な特性が得られないといった不具合が発生する。

## 【 0 0 7 6 】

（保持基板）

基板 1 4 上に圧電素子 1 6 などの上述の部材を形成したアクチュエータ基板 2 5 は 2 0 ~ 1 0 0 [ $\mu\text{m}$ ] 厚となるので、アクチュエータ基板 2 5 の剛性を確保するために保持基板 2 6 を接合している。保持基板 2 6 の材料は任意の材料を用いることができるが、アクチュエータ基板 2 5 の反りを防止するために熱膨張係数の近い材料を選定する必要がある。そのため、ガラス、シリコンや  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  等のセラミクス材料とすることが好ましい。保持基板 2 6 は、圧電素子 1 6 を空隙を介して覆うための凹部 2 6 a、複数の液室 1 3 に液体を供給する共通液体供給路の一部を形成する開口部（不図示）を有している。また、共通電極パッド 1 9 を露出させる共通パッド用開口部 2 6 c、個別電極パッド 2 1 を露出させる個別パッド用開口部 2 6 d、を有している。

## 【 0 0 7 7 】

次に、本実施形態の液滴吐出ヘッドの製造方法における放電を用いた分極処理のより具体的な実施例について説明する。



## 【0078】

## &lt;実施例1&gt;

実施例1では、基板14としての6インチシリコンウェハに熱酸化膜(膜厚1[ $\mu\text{m}$ ])を形成し、共通電極161を形成した。まず、共通電極161の密着膜として、チタン膜(膜厚30[nm])を成膜温度350[ ]でスパッタ装置にて成膜した後、RTAを用いて750[ ]にて熱酸化した。引き続き、金属膜として白金膜(膜厚100[nm])を成膜温度550[ ]でスパッタ装置にて成膜し、酸化物膜としてSrRuO膜(膜厚50[nm])をスパッタ成膜した。SrRuO膜のスパッタ成膜時の基板加熱温度については550[ ]にて成膜した後、RTAを用いてポストアニール処理(550[ ] )を実施した。

10

## 【0079】

次に、圧電膜(電気機械変換膜)162を形成した。まず、Pb:Zr:Ti=115:53:47に調整された溶液を準備し、スピンコート法により膜を成膜した。ここで、スパッタ装置としては、1チャンバーに対して複数のターゲットが備え付けられたものを用いて成膜を実施した。

## 【0080】

具体的な前駆体塗布液の合成については、出発材料に酢酸鉛三水合物、イソプロポキシドチタン、イソプロポキシドジルコニウムを用いた。酢酸鉛の結晶水はメトキシエタノールに溶解後、脱水した。化学両論組成に対し鉛量を過剰にしてある。これは熱処理中のいわゆる鉛抜けによる結晶性低下を防ぐためである。イソプロポキシドチタン、イソプロポキシドジルコニウムをメトキシエタノールに溶解し、アルコール交換反応、エステル化反応を進め、先記の酢酸鉛を溶解したメトキシエタノール溶液と混合することでPZT前駆体溶液を合成した。このPZT前駆体溶液のPZT濃度は0.5[モル/リットル]とした。このPZT前駆体溶液を用いて、スピンコートにより成膜し、その成膜後、120[ ]での乾燥と500[ ]での熱分解とを行った。3層目の熱分解処理後に、結晶化熱処理(温度750[ ] )をRTA(急速熱処理)にて行った。このときPZTの膜厚は240[nm]であった。この工程を合計8回(24層)実施し、約2[ $\mu\text{m}$ ]のPZT膜厚を得た。

20

## 【0081】

次に、個別電極163を形成した。まず、個別電極163の酸化物膜として、SrRuO膜(膜厚40[nm])、金属膜としてPt膜(膜厚125[nm])をスパッタ成膜した。その後、東京応化社製フォトレジスト(TSMR8800)をスピンコート法で成膜し、通常のフォトリソグラフィ法でレジストパターンを形成した後、ICPエッチング装置(サムコ社製)を用いて、前述の図5に示すようなパターンを作製した。

30

## 【0082】

次に、第1の絶縁保護膜18として、ALD工法を用いて $\text{Al}_2\text{O}_3$ 膜を50[nm]成膜した。このとき、Alの原材料としてはTMA(シグマアルドリッチ社)、Oの原材料としてはオゾンジェネレーターによって発生させた $\text{O}_3$ を用い、AlとOとを交互に積層させることで成膜を進めた。その後、図4及び図5に示すように、エッチングによりコンタクトホール部18aを形成した。

40

## 【0083】

次に、共通電極引き出し配線20、個別電極引き出し配線22、共通電極パッド19、個別電極パッド21として、Alをスパッタ成膜し、エッチングにより個別化した。

## 【0084】

次に、第2の絶縁保護膜23として $\text{Si}_3\text{N}_4$ をプラズマCVDにより500[nm]成膜した。その後、エッチングにより開口部23aなどを形成し、図5に示すような、共通電極パッド19、個別電極パッド21が列状に配置されているアクチュエータ基板25を作製した。

## 【0085】

次に、保持基板26として、凹部26a、共通パッド用開口部26c、個別パッド用開

50

口部 26d が形成されているシリコン基板 (400 [μm]) を接着剤にて、アクチュエータ基板 25 に接合した。ここで、上述の距離 1 ~ 距離 6 の各値に関して表 1 のように設定した。

【0086】

この後、コロナ帯電処理により分極処理を行った。コロナ帯電処理には 50 [μm] のタングステンのワイヤーをコロナ電極 71 として用いている。分極処理条件としては、処理温度 80 [°C]、コロナ電圧 9 [kV]、グリッド電圧 2.5 [kV]、処理時間 30 [s]、コロナ電極 - グリッド電極間距離 4 [mm]、グリッド電極 - ステージ間距離 4 [mm] にて行った。

【0087】

< 実施例 2 >

実施例 2 では、上述の距離 1 ~ 距離 6 の各値に関して表 1 のように設定した以外は、実施例 1 と同様にしてアクチュエータ基板 25 及び保持基板 26 を作成し、コロナ放電による分極処理を実施した。

【0088】

< 実施例 3 >

実施例 3 では、上述の距離 1 ~ 距離 6 の各値に関して表 1 のように設定した以外は、実施例 1 と同様にしてアクチュエータ基板 25 及び保持基板 26 を作成し、コロナ放電による分極処理を実施した。

【0089】

< 実施例 4 >

実施例 4 では、上述の距離 1 ~ 距離 6 の各値に関して表 1 のように設定した以外は、実施例 1 と同様にしてアクチュエータ基板 25 及び保持基板 26 を作成し、コロナ放電による分極処理を実施した。

【0090】

< 実施例 5 >

実施例 5 では、上述の距離 1 ~ 距離 6 の各値に関して表 1 のように設定した以外は、実施例 1 と同様にしてアクチュエータ基板 25 及び保持基板 26 を作成し、コロナ放電による分極処理を実施した。

【0091】

< 実施例 6 >

実施例 6 では、上述の距離 1 ~ 距離 6 の各値に関して表 1 のように設定した以外は、実施例 1 と同様にしてアクチュエータ基板 25 及び保持基板 26 を作成し、コロナ放電による分極処理を実施した。

【0092】

< 比較例 1 >

比較例 1 では、上述の距離 1 ~ 距離 6 の各値に関して表 1 のように設定した以外は、実施例 1 と同様にしてアクチュエータ基板 25 及び保持基板 26 を作成し、コロナ放電による分極処理を実施した。

【0093】

< 結果 >

以上説明した実施例 1 ~ 6 及び比較例 1 に関して、分極状態 (分極量差)、電気 - 機械変換能 (圧電定数) の評価を行った。電気機械変換能 (圧電定数) は、電界印加 (150 [kV/cm]) による変形量をレーザードップラー振動計で計測し、シミュレーションによる合わせ込みから算出した。また、初期特性を評価した後に、耐久性 (1 × 10<sup>10</sup> 回繰り返し印加電圧を加えた直後の特性) の評価を実施した。上述の距離 1 ~ 距離 6 の各値及び、評価結果を表 1 にまとめた。

10

20

30

40

【表 1】

	距離1	距離2	距離3	距離4	距離5	距離6	分極量率	初期	1E10回後
実施例1	1000	350	350	350	350	1000	$2.5 \mu\text{C}/\text{cm}^2$	136pm/V	128pm/V
実施例2	1500	400	400	400	400	1500	$2.0 \mu\text{C}/\text{cm}^2$	134pm/V	130pm/V
実施例3	2500	500	500	500	500	2500	$1.5 \mu\text{C}/\text{cm}^2$	132pm/V	129pm/V
実施例4	1000	500	500	500	500	1000	$1.3 \mu\text{C}/\text{cm}^2$	132pm/V	131pm/V
実施例5	3000	250	250	250	250	3000	$3.5 \mu\text{C}/\text{cm}^2$	137pm/V	130pm/V
実施例6	1200	200	200	200	200	1200	$3.8 \mu\text{C}/\text{cm}^2$	140pm/V	131pm/V
比較例1	4000	200	200	200	200	4000	$21 \mu\text{C}/\text{cm}^2$	148pm/V	115pm/V

## 【0094】

実施例1～6については初期特性、耐久性試験後の結果についても一般的なセラミック焼結体と同等の特性を有していた。具体的には、分極量率が  $4 [\mu\text{C}/\text{cm}^2]$  以下であり、圧電定数の初期特性が  $130 \sim 140 [\text{pm}/\text{V}]$  で、耐久性試験後における初期特性からの変化が少なく、良好な電気機械変換能を示した。特に、実施例1～5は、効率のよい分極処理がおこなわれ、良好な電気機械変換能を示すことが確認された。

一方、比較例1については、分極量率が  $21 [\mu\text{C}/\text{cm}^2]$  となった。また、圧電定数の初期特性が  $148 [\text{pm}/\text{V}]$  と高いが、耐久評価後に圧電定数が大きく変化していることが分かった。

## 【0095】

これより、共通パッド用開口部26cと個別パッド用開口部26dの配置（距離1）、共通電極パッド19と個別電極パッド21との配置（距離6）を、上述のようにすることで、良好な分極特性を有する圧電素子16となることを確認した。さらに、共通電極パッド19の中心と共通パッド用開口部26cの端部との距離（距離2、距離4）、個別電極パッド21の中心と個別パッド用開口部26dの端部との距離（距離3、距離5）を、上述のようにする。これにより、効率よく分極処理がおこなえることを確認した。

## 【0096】

以上のように、本実施形態によれば、バルクセラミックスと同等の性能を持つ圧電素子16を簡便な製造工程で形成することができる。そして、前述の図1の示すように、その後の液室（圧力室）13の形成のための裏面からのエッチング除去を行い、ノズル11を有するノズル板12を接合することで、液滴吐出ヘッドを作製することができる。なお、前述の図1では液体供給手段、流路、流体抵抗について図示を省略している。

## 【0097】

実施例1～6で作製した圧電素子16を用いて作製した液滴吐出ヘッドにより液滴吐出評価を行った。粘度を  $5 [\text{cP}]$  に調整したインクを用いて、単純プッシュ波形により  $-10 [\text{V}] \sim -30 [\text{V}]$  の電圧を印加したときの吐出状況を確認したところ、全てのノズル11からインク液滴を吐出できていることを確認した。

## 【0098】

なお、上述の実施形態では、コロナ放電により発生した電荷をもちいて分極処理をおこなう場合を用いて説明したが、グロー放電により発生した電荷をもちいて分極処理をおこなう場合も、同様の構成で、同様の効果が得られる。

## 【0099】

次に、本実施形態に係る液滴吐出ヘッドを備えた画像形成装置であるインクジェット記録装置について説明する。

図17は液滴吐出ヘッドを搭載したインクジェット記録装置の構成例を示す斜視図であり、図18は同記録装置の機構部の構成例を示す側面図である。

インクジェット記録装置100は、装置本体の内部に印字機構部103等を収納し、装置本体の下方部には前方側から多数枚の記録紙130を積載可能な給紙カセット（或いは給紙トレイでもよい）104を抜き差し自在に装着されている。また、記録紙130を手差しで給紙するために開かれる手差しトレイ105を有している。給紙カセット104あるいは手差しトレイ105から給送される記録紙130を取り込み、印字機構部103に

10

20

30

40

50

よって所要の画像を記録した後、後面側に装着された排紙トレイ 106 に排紙する。

【0100】

印字機構部 103 は、主走査方向に移動可能なキャリッジ 101 とキャリッジ 101 に搭載した液滴吐出ヘッド及び液滴吐出ヘッドに対してインクを供給するインクカートリッジ 102 等で構成される。また、印字機構部 103 は、図示しない左右の側板に横架したガイド部材である主ガイドロッド 107 と従ガイドロッド 108 とでキャリッジ 101 を主走査方向に摺動自在に保持する。このキャリッジ 101 にはイエロー（Ｙ）、シアン（Ｃ）、マゼンタ（Ｍ）、ブラック（Ｂｋ）の各色のインク滴を吐出する液滴吐出ヘッドを複数のインク吐出口（ノズル）を主走査方向と交差する方向に配列し、インク滴吐出方向を下方に向けて装着している。また、キャリッジ 101 には液滴吐出ヘッドに各色のインクを供給するための各インクカートリッジ 102 を交換可能に装着している。

10

【0101】

インクカートリッジ 102 は上、方に大気と連通する大気口、下方には液滴吐出ヘッドへインクを供給する供給口が設けられている。インクカートリッジ 102 の内部にはインクが充填された多孔質体を有しており、多孔質体の毛管力により液滴吐出ヘッドへ供給されるインクをわずかな負圧に維持している。また、液滴吐出ヘッドとしては各色の液滴吐出ヘッドを用いているが、各色のインク滴を吐出するノズルを有する 1 個の液滴吐出ヘッドでもよい。

【0102】

ここでキャリッジ 101 は後方側（用紙搬送方向下流側）を主ガイドロッド 107 に摺動自在に嵌装し、前方側（用紙搬送方向上流側）を従ガイドロッド 108 に摺動自在に載置している。そして、このキャリッジ 101 を主走査方向に移動走査するため、主走査モータ 109 で回転駆動される駆動プーリ 110 と従動プーリ 111 との間にタイミングベルト 112 を張装し、このタイミングベルト 112 をキャリッジ 101 に固定している。これにより、主走査モータ 109 の正逆回転によりキャリッジ 101 が往復駆動される。

20

【0103】

一方、給紙カセット 104 にセットした記録紙 130 を液滴吐出ヘッドの下方側に搬送するために、給紙カセット 104 から記録紙 130 を分離給装する給紙ローラ 113 及びフリクションパッド 114 と、記録紙 130 を案内するガイド部材 115 とを有する。また、給紙された記録紙 130 を反転させて搬送する搬送ローラ 116 と、この搬送ローラ 116 の周面に押し付けられる搬送コロ 117 及び搬送ローラ 116 からの記録紙 130 の送り出し角度を規定する先端コロ 118 とを有する。搬送ローラ 116 は副走査モータによってギヤ列を介して回転駆動される。

30

【0104】

そして、キャリッジ 101 の主走査方向の移動範囲に対応して搬送ローラ 116 から送り出された記録紙 130 を液滴吐出ヘッドの下方側で案内するため用紙ガイド部材である印写受け部材 119 を設けている。この印写受け部材 119 の用紙搬送方向下流側には、記録紙 130 を排紙方向へ送り出すために回転駆動される搬送コロ 120 と拍車 121 とを設けている。さらに記録紙 130 を排紙トレイ 106 に送り出す排紙ローラ 123 と拍車 124 と、排紙経路を形成するガイド部材 125、126 とを配設している。

40

【0105】

上記構成のインクジェット記録装置 100 で記録時には、キャリッジ 101 を移動させながら画像信号に応じて液滴吐出ヘッドを駆動することにより、停止している記録紙 130 にインクを吐出して 1 行分を記録し、その後、記録紙 130 を所定量搬送した後、次の行の記録を行う。記録終了信号または記録紙 130 の後端が記録領域に到達した信号を受けることにより、記録動作を終了させ記録紙 130 を排紙する。

【0106】

また、キャリッジ 101 の移動方向右端側の記録領域を外れた位置には、液滴吐出ヘッドの吐出不良を回復するための回復装置 127 を配置している。回復装置 127 はキャップ手段と吸引手段とクリーニング手段とを有している。キャリッジ 101 は印字待機中に

50

はこの回復装置 127 側に移動されてキャッピング手段で液滴吐出ヘッドをキャッピングして吐出口部を湿潤状態に保つことによりインク乾燥による吐出不良を防止する。また、記録途中などに記録と関係しないインクを吐出することにより、全ての吐出口のインク粘度を一定にし、安定した吐出性能を維持する。

【0107】

吐出不良が発生した場合等には、キャッピング手段で液滴吐出ヘッド 1 の吐出口（ノズル）を密封し、チューブを通して吸引手段で吐出口からインクとともに気泡等を吸い出す。このように、吐出口面に付着したインクやゴミ等はクリーニング手段により除去され吐出不良が回復される。また、吸引されたインクは、本体下部に設置された廃インク溜（不図示）に排出され、廃インク溜内部のインク吸収体に吸収保持される。このように、本実施形態のインクジェット記録装置 100 においては回復装置 127 を備えているので、液滴吐出ヘッドの吐出不良が回復されて、安定したインク滴吐出特性が得られ、画像品質を向上することができる。

10

【0108】

なお、本実施形態では、インクジェット記録装置 100 に液滴吐出ヘッドを使用した場合について説明したが、インク以外の液滴、例えば、パターンニング用の液体レジストを吐出する装置に液滴吐出ヘッド 1 を適用してもよい。

【0109】

以上、本実施形態のインクジェット記録装置（画像形成装置）100 では、本発明に係る液体吐出ヘッドを記録ヘッドとして備えるので、高画質の画像を安定して形成することができる。

20

【0110】

また、画像形成装置には、特に限定しない限り、シリアル型画像形成装置及びライン型画像形成装置のいずれも含まれる。

【0111】

以上に説明したものは一例であり、本発明は、次の態様毎に特有の効果を奏する。  
（態様 A）

液滴を吐出するノズル 11 に連通する液室 13 と、液室 13 内の液体を加圧可能にするよう液室 13 を形成する基板 14 上に設けられた圧電素子 16 などの電気機械変換素子と、電気機械変換素子の基板側の共通電極 161 などの第 1 の駆動電極に接続される共通電極パッド 19 などの第 1 の端子電極と、電気機械変換素子の基板と反対側の個別電極 163 などの第 2 の駆動電極に接続される個別電極パッド 21 などの第 2 の端子電極と、電気機械変換素子を変位可能に覆うように設けられた保持基板 26 とを備えた液滴吐出ヘッドにおいて、

30

保持基板は第 1 の端子電極の少なくとも一部を露出するための共通パッド用開口部 26c などの第 1 の開口部と、第 2 の端子電極の少なくとも一部を露出するための個別パッド用開口部 26d などの第 2 の開口部とを有し、保持基板の第 1 の開口部と第 2 の開口部とが形成された面に対向するよう配置された放電電極で発生させたコロナ放電もしくはグロー放電により、第 1 の開口部及び第 2 の開口部を介して第 1 の端子電極及び第 2 の端子電極それぞれに電荷を供給して、第 1 の駆動電極と第 2 の駆動電極との間に電界を形成して電気機械変換素子を分極処理する際に、放電電極により供給される電荷が所定量以上となる領域に第 1 の開口部と第 2 の開口部とを配置する。

40

【0112】

これによれば、上記実施形態について説明したように、電気機械変換素子、第 1 の端子電極、第 2 の端子電極を形成した基板に、第 1 の端子電極、第 2 の端子電極の少なくとも一部をそれぞれ露出させる第 1 の開口部、第 2 の開口部を有する保持基板を接合する。その後、保持基板の第 1 の開口部及び第 2 の開口部が形成された面に向けて、コロナ放電またはグロー放電による放電処理を行う。この放電処理により、第 1 の開口部、第 2 の開口部からそれぞれ露出した第 1 の端子電極、第 2 の端子電極を介して電気機械変換素子の第 1 の駆動電極及び第 2 の駆動電極に、所定極性の互いに異なる電荷量の電荷を付与する。

50

この電荷により、電気機械変換素子の第1の駆動電極と第2の駆動電極とに挟まれた電気機械変換膜の内部にして電界を形成して分極処理を行うことができる。このように、電気機械変換素子、第1の端子電極、第2の端子電極を形成した基板に保持基板を接合した後の、最終工程に近い段階で分極処理をおこなうことにより、後工程による熱履歴の影響による脱分極を防止でき、安定した分極処理が可能になる。また、このような放電による分極処理は、端子電極に直接接触させるプローブカードが不要であり、また、簡易な構成で複数の電気機械変換素子に対して一括して分極処理できるので、製造コストの低減を図ることができる。

#### 【0113】

上述の分極処理では、放電電極で発生させたコロナ放電またはグロー放電による電荷を、保持基板の第1の開口部及び第2の開口部を介して第1の端子電極及び第2の端子電極それぞれに供給している。一方、コロナ放電またはグロー放電では、放電電極の近くでは放電が強く、放電電極から離れるに従って放電が弱くなる。このため、第1の端子電極と第2の端子電極に供給される電荷量は放電電極に対する第1の開口部と第2の開口部との配置によって変化する。すなわち、保持基板の接合後に放電処理により電気機械変換素子の分極処理をおこなう際、第1の開口部と第2の開口部ととの配置が分極処理に対して影響を及ぼす。この液滴吐出ヘッドでは、第1の開口部と第2の開口部とを、放電電極により供給される電荷が所定量以上となる領域になるように近くに配置する。これにより、第1の開口部及び第2の開口部内に所定量以上の電荷が供給でき、良好な分極処理が可能となる。一方、第1の開口部と第2の開口部とが離れていると、第1の開口部もしくは第2の開口部内に所定量以上の電荷が供給できず、第1の端子電極もしくは第2の端子電極に分極に必要な量の電荷が供給できず分極が進展しなくなる。

#### 【0114】

以上のように、製造コストの低減を図りつつ、良好な分極特性を有する電気機械変換素子を備えた液滴吐出ヘッドを提供することができる。

#### 【0115】

(態様B)

(態様A)において、複数の電気機械変換素子と、複数の電気機械変換素子に対応する複数の第2の端子電極を列状に配置した第2の端子電極の列とを有し、第2の端子電極の列と垂直なy方向に関して、第1の開口部の中心と第2の開口部の中心との距離(距離1)が3000[μm]以下であり、かつ、第1の端子電極の中心と第2の端子電極の中心との距離(距離6)が3000[μm]以下である。

#### 【0116】

これによれば、上記実施形態について説明したように、第2の端子電極の列と平行に配置し、保持基板の第1の開口部及び第2の開口部に向けて放電処理をおこない、各開口部を介してそれぞれ露出する第1の端子電極、第2の端子電極に電荷を供給しておこなう。このため、第1の端子電極と第2の端子電極に供給される電荷量は、第2の端子電極の列と垂直な方向に関する、第1の開口部と第2の開口部との配置、及び、各開口部から露出する第1の端子電極と第2の端子電極との配置によって変化する。

#### 【0117】

この液滴吐出ヘッドでは、第2の端子電極の列と垂直な方向に関して、第1の開口部の中心と第2の開口部の中心と距離(距離1)を、3000[μm]以下とする。さらに、第1の端子電極の中心と第2の端子電極の中心との距離(距離6)が3000[μm]以下とする。上述する実験に示すように、第1の開口部の中心と第2の開口部の中心と距離(距離1)、及び、第1の端子電極の中心と第2の端子電極の中心との距離(距離6)が上記範囲とすることで、分極が進展し、良好な分極特性を有する電気機械変換素子を得ることができる。

#### 【0118】

一方、第1の開口部の中心と第2の開口部の中心と距離(距離1)が上記範囲を超えると、放電により発生した電荷が第1の開口部もしくは第2の開口部を介してその内部に供

給され難い。また、第 1 の端子電極の中心と第 2 の端子電極の中心との距離（距離 6）が上記範囲を超えると、第 1 の開口部及び第 2 の開口部を介してその内部に電荷が供給されたとしても、第 1 の端子電極もしくは第 2 の端子電極に電荷が注入され難い。上述する実験に示すように、第 1 の開口部の中心と第 2 の開口部の中心と距離（距離 1）、及び、第 1 の端子電極の中心と第 2 の端子電極の中心との距離（距離 6）が上記範囲を超えると分極が進展しなくなる。

【 0 1 1 9 】

すなわち、第 1 の開口部の中心と第 2 の開口部の中心と距離（距離 1）を 3 0 0 0 [  $\mu$  m ] 以下、かつ、第 1 の端子電極の中心と第 2 の端子電極の中心との距離（距離 6）を 3 0 0 0 [  $\mu$  m ] 以下、とすることで、複数の電気機械変換素子の良好な分極処理がおこなえる。

10

【 0 1 2 0 】

（態様 C）

（態様 B）において、個別電極パッド 2 1 などの第 2 の端子電極の中心と個別パッド用開口部 2 6 d などの第 2 の開口部の端部との y 方向に関する距離（距離 3）及び x 方向に関する距離（距離 5）などの、水平方向に関する距離が 2 5 0 [  $\mu$  m ] 以上である。

これによれば、上記実施形態について説明したように、第 2 の端子電極の中心と第 2 の開口部の端部との水平方向に関する距離を 2 5 0 [  $\mu$  m ] 以上とすることで、第 2 の端子電極へ電荷が効率よく供給される。このため、電気機械変換素子をさらに良好に分極処理することができる。一方、第 2 の端子電極の中心と第 2 の開口部の端部との水平方向に関する距離が上記範囲より小さく、第 2 の端子電極の中心と第 2 の開口部の端部とが近すぎる場合は、第 2 の端子電極に供給される電荷量が減少し、分極処理の効率が悪くなるおそれがある。

20

【 0 1 2 1 】

（態様 D）

（態様 B）または（態様 C）において、共通電極パッド 1 9 などの第 1 の端子電極の中心と共通パッド用開口部 2 6 c などの第 1 の開口部の端部との、y 方向に関する距離（距離 2）、及び、x 方向に関する距離（距離 4）などの、水平方向に関する距離が 2 5 0 [  $\mu$  m ] 以上である。

これによれば、上記実施形態について説明したように、第 1 の端子電極の中心と第 1 の開口部の端部との水平方向に関する距離を 2 5 0 [  $\mu$  m ] 以上とすることで、第 1 の端子電極へ電荷が効率よく供給される。このため、電気機械変換素子をさらに良好に分極処理することができる。一方、第 1 の端子電極の中心と第 1 の開口部の端部との水平方向に関する距離が上記範囲より小さく、第 1 の端子電極の中心と第 1 の開口部の端部とが近すぎる場合は、第 1 の端子電極に供給される電荷量が減少し、分極処理の効率が悪くおそれがある。

30

【 0 1 2 2 】

（態様 E）

（態様 A）乃至（態様 D）のいずれかにおいて、第 2 の開口部は複数の第 2 の端子電極に対して共通した開口となるよう連続的に形成する。これによれば、上記実施形態について説明したように、複数の第 2 の端子電極に対して連続的な大きな開口を介して効率的に電荷を供給することができる。第 2 の開口部を共通とした構成は、第 2 の端子電極に対して個別に第 2 の開口部を設けた構成に比べて、分極効率が向上することが確認されている。

40

【 0 1 2 3 】

（態様 F）

（態様 A）乃至（態様 E）のいずれかにおいて、第 1 の開口部の面積が第 1 の端子電極の面積よりも大きい。これによれば、上記実施形態について説明したように、第 1 の開口部の面積が第 1 の端子電極の面積よりも小さい場合に比べて、分極しやすいことが確認されている。

50

## 【 0 1 2 4 】

( 態 様 G )

( 態 様 A ) 乃至 ( 態 様 F ) のいずれかにおいて、第 2 の開口部の面積が第 2 の端子電極の面積よりも大きい。これによれば、上記実施形態について説明したように、第 2 の開口部の面積が第 2 の端子電極の面積よりも小さい場合に比べて、分極しやすいことが確認されている。

## 【 0 1 2 5 】

( 態 様 H )

( 態 様 A ) 乃至 ( 態 様 G ) のいずれかの液滴吐出ヘッドにおける電気機械変換素子の分極処理方法であって、保持基板 2 6 が設けられた後、共通電極パッド 1 9 などの第 1 の端子電極を露出するための共通パッド用開口部 2 6 c などの第 1 の開口部と、個別電極パッド 2 1 などの第 2 の端子電極を露出するための個別パッド用開口部 2 6 d などの第 2 の開口部とを有する保持基板 2 6 と、コロナ電極 7 1 などの放電電極とを、空隙を介して互いに対向させる工程と、放電電極により、第 1 の端子電極及び第 2 の端子電極を介して第 1 の駆動電極及び第 2 の駆動電極に互いに異なる電荷量の電荷を付与するように、保持基板の少なくとも第 1 の開口部及び第 2 の開口部に向けて放電処理を行う工程と、を含む。

## 【 0 1 2 6 】

これによれば、上記実施形態について説明したように、保持基板の、第 1 の端子電極を露出させる第 1 の開口部及び第 2 の端子電極を露出させる第 2 の開口部に向けて、放電電極により放電処理をおこない、第 1 の端子電極及び第 2 の端子電極に電荷を供給する。この第 1 の端子電極及び第 2 の端子電極を供給された電荷は、電気機械変換素子の第 1 の駆動電極及び第 2 の駆動電極に流れ込み、第 1 の駆動電極及び第 2 の駆動電極に所定極性の互いに異なる電荷量の電荷を付与する。この電荷付与により、電気機械変換素子の第 1 の駆動電極及び第 2 の駆動電極に挟まれた電気機械変換膜に対して分極処理を行うことができる。このように、電気機械変換素子、第 1 の端子電極、第 2 の端子電極を形成した基板に保持基板を接合した後の、最終工程に近い段階で分極処理をおこなうことにより、後工程による熱履歴の影響による脱分極を防止でき、安定した分極処理が可能になる。このような放電による分極処理は、端子電極に直接接触させるプローブカードが不要であり、また、簡易な構成で複数の電気機械変換素子に対して一括して分極処理できるので、製造コストの低減を図ることができる。

## 【 0 1 2 7 】

また、放電電極を用いて、保持基板の第 1 の開口部と第 2 の開口部に向けて放電処理をおこなっているため、第 1 の端子電極及び第 2 の端子電極に注入される電荷量は第 1 の開口部と第 2 の開口部の配置によって変化する。このため、第 1 の開口部と第 2 の開口部の配置を、上述のように規定することで、第 1 の端子電極及び第 2 の端子電極へ上記分極処理に必要な電荷の供給が可能になる。よって、電気機械変換素子の良好な分極処理がおこなえる。

以上のように、製造コストの低減を図りつつ、電気機械変換素子に良好な分極処理を実施することができる、

## 【 0 1 2 8 】

( 態 様 I )

液滴を吐出するノズル 1 1 と、ノズルに連通する液室 1 3 と、液室内の液体を加圧可能にするよう基板 1 4 上に設けられた圧電素子 1 6 などの電気機械変換素子と、電気機械変換素子の基板側の共通電極 1 6 1 などの第 1 の駆動電極に接続される共通電極パッド 1 9 などの第 1 の端子電極と、電気機械変換素子の基板側とは反対側の個別電極 1 6 3 などの第 2 の駆動電極に接続される個別電極パッド 2 1 など第 2 の端子電極と、電気機械変換素子を覆うように設けられた保持基板 2 6 と、を備えた液滴吐出ヘッドの製造方法であって、

基板上に電気機械変換素子を設ける工程と、第 1 の端子電極と第 2 の端子電極とを形成する工程と、保持基板を設ける工程と、( 態 様 H ) の分極処理の工程と、を含む。これに



よれば、上記実施形態について説明したように、製造コストの低減を図りつつ、良好な分極特性を有する電気機械変換素子を備えた液滴吐出ヘッドを製造することができる。

【 0 1 2 9 】

( 態様 J )

( 態様 A ) 乃至 ( 態様 H ) のいずれかの液滴吐出ヘッドを備えたインクジェット記録装置 1 0 0 などの画像形成装置。

これによれば、画像形成装置の製造コストを抑えつつ、画像品質の向上を図ることができる。

【符号の説明】

【 0 1 3 0 】

10

- 1 液滴吐出ヘッド
- 1 0 液滴吐出部
- 1 1 ノズル
- 1 2 ノズル板
- 1 3 液室 ( 圧力室 )
- 1 4 基板 ( 液室基板 )
- 1 5 振動板
- 1 6 圧電素子
- 1 6 1 共通電極 ( 下部電極 ) ( 第 1 の駆動電極 )
- 1 6 2 圧電膜
- 1 6 3 個別電極 ( 上部電極 ) ( 第 2 の駆動電極 )
- 1 8 第 1 の絶縁保護膜
- 1 8 a コンタクトホール
- 1 9 共通電極パッド
- 2 0 共通電極引き出し配線
- 2 1 個別電極パッド
- 2 2 個別電極引き出し配線
- 2 3 第 2 の絶縁保護膜
- 2 3 a 開口部
- 2 5 アクチュエータ基板
- 2 6 保持基板
- 2 6 a 凹部
- 2 6 c 共通パッド用開口部 ( 第 1 の開口部 )
- 2 6 d 個別パッド用開口部 ( 第 2 の開口部 )
- 2 8 ウェハ

20

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 1 3 1 】

【特許文献 1】特開 2 0 1 2 - 1 6 6 3 9 3 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 4 - 2 0 2 8 4 9 号公報

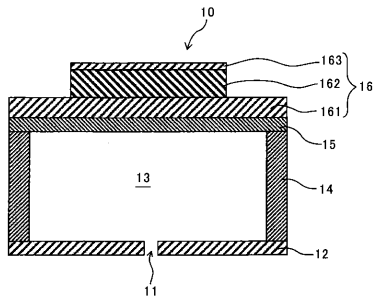
【特許文献 3】特開 2 0 1 0 - 0 3 4 1 5 4 号公報

【特許文献 4】特開 2 0 0 6 - 2 0 3 1 9 0 号公報

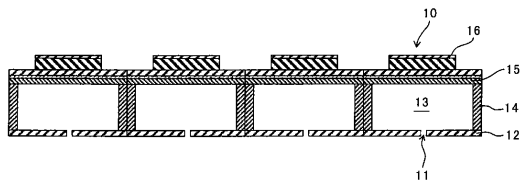
【特許文献 5】特許第 3 7 8 2 4 0 1 号公報

40

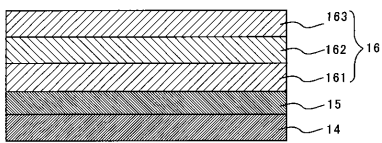
【図 1】



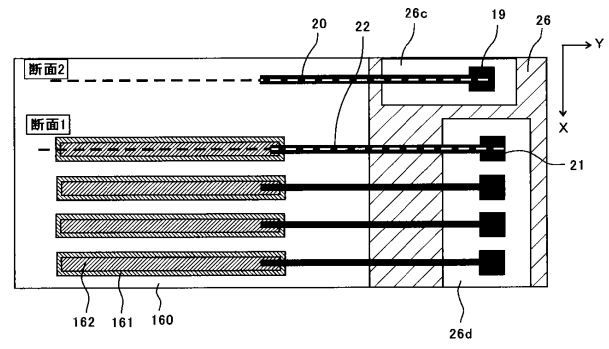
【図 2】



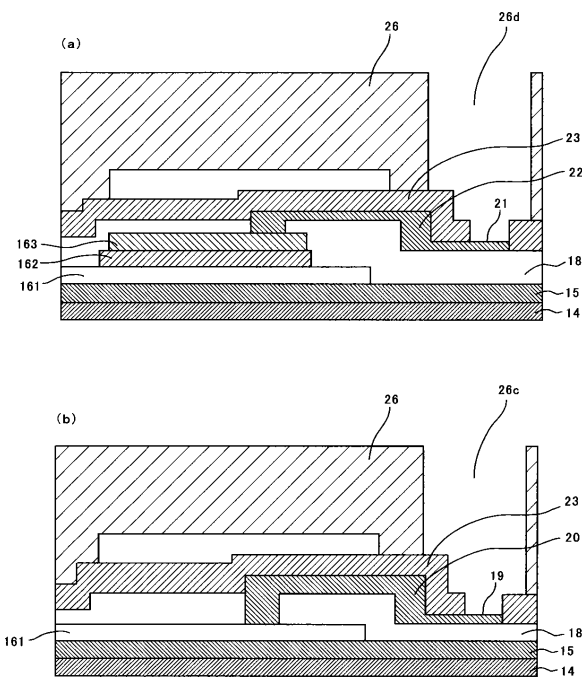
【図 3】



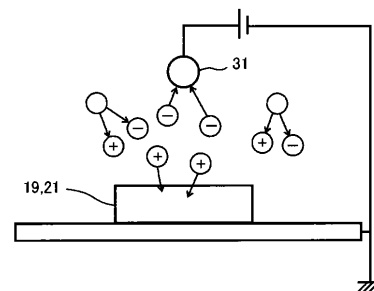
【図 4】



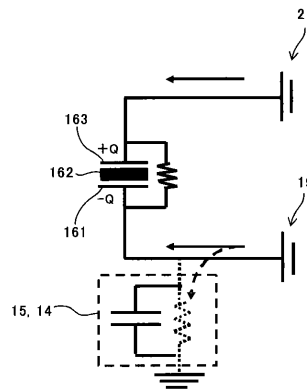
【図 5】



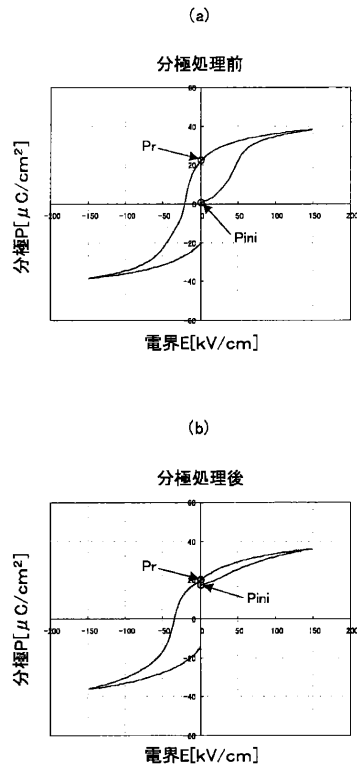
【図 6】



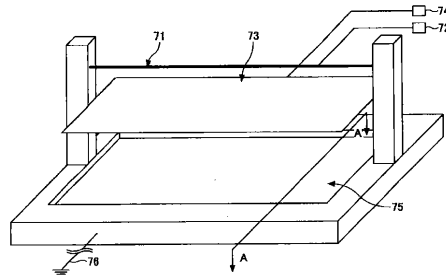
【図 7】



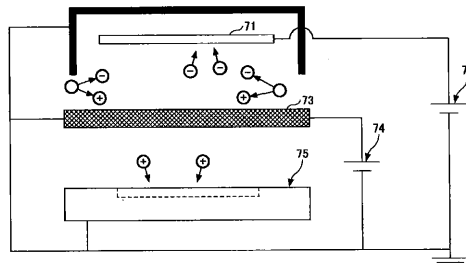
【図 8】



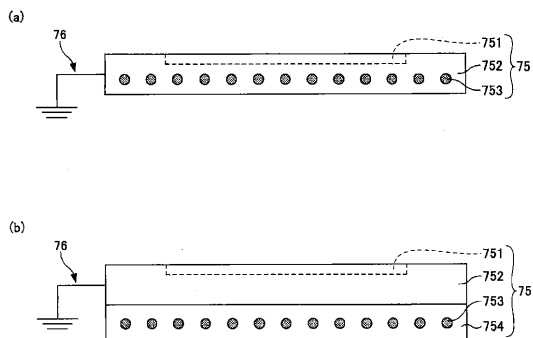
【図 9】



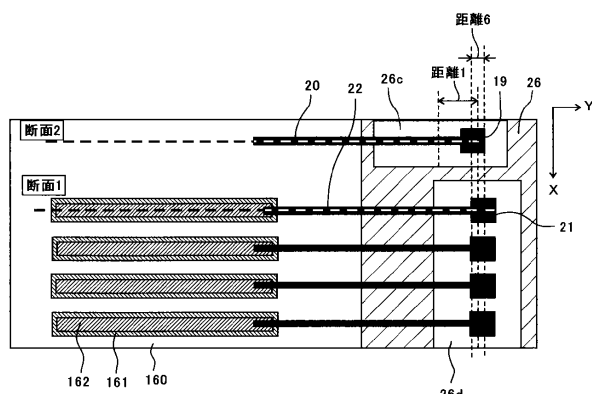
【図 10】



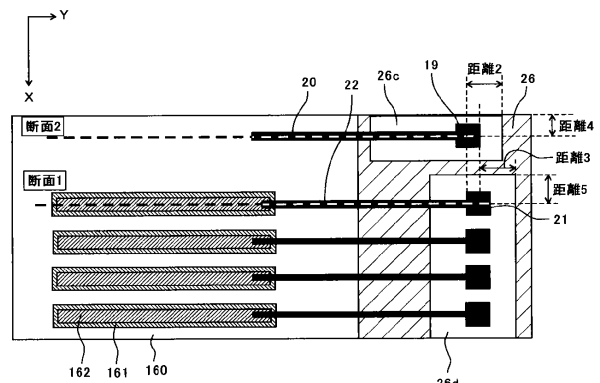
【図 11】



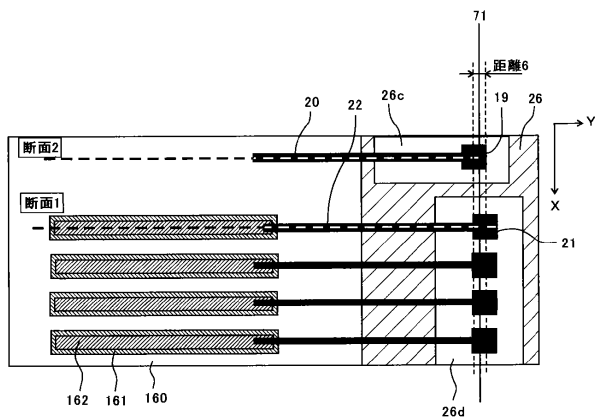
【図 12】



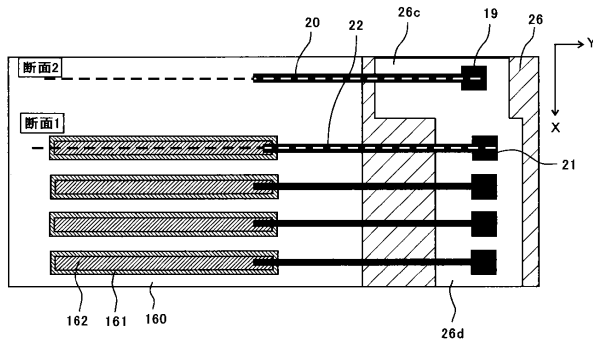
【図 13】



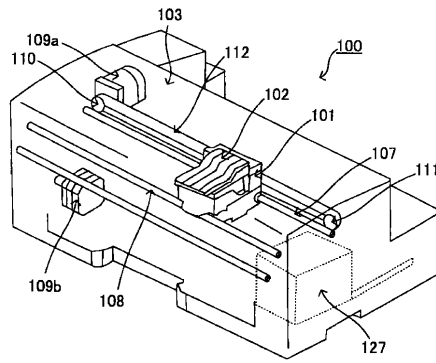
【図 14】



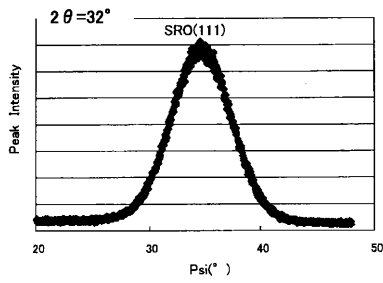
【図15】



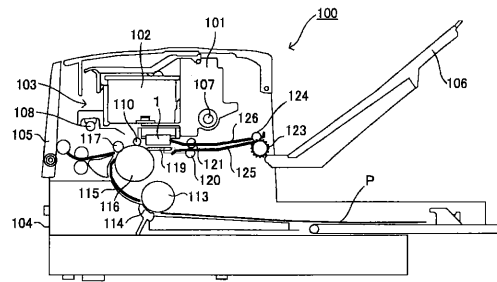
【図17】



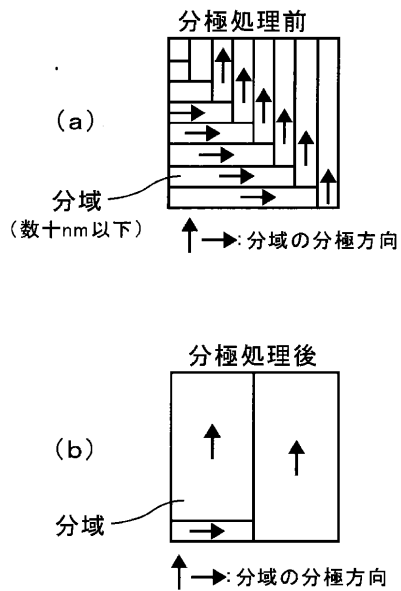
【図16】



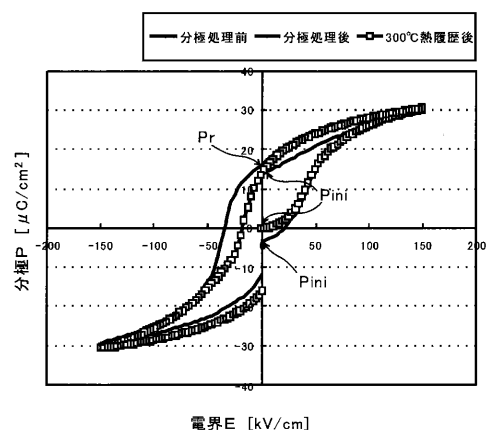
【図18】



【図19】



【図20】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平04 - 021451 (JP, A)  
特開2000 - 313119 (JP, A)  
国際公開第2013 / 008781 (WO, A1)  
特開2005 - 096236 (JP, A)  
特開2013 - 197299 (JP, A)  
米国特許出願公開第2007 / 0090728 (US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B41J 2 / 01 - 2 / 215  
H01L 41 / 09  
H01L 41 / 257