

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3933378号

(P3933378)

(45) 発行日 平成19年6月20日(2007.6.20)

(24) 登録日 平成19年3月30日(2007.3.30)

(51) Int.Cl.

F I

B 4 1 J 2/055 (2006.01)

B 4 1 J 3/04 1 O 3 A

B 4 1 J 2/045 (2006.01)

請求項の数 8 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2000-254959 (P2000-254959)	(73) 特許権者	000006747
(22) 出願日	平成12年8月25日(2000.8.25)		株式会社リコー
(65) 公開番号	特開2002-67300 (P2002-67300A)		東京都大田区中馬込1丁目3番6号
(43) 公開日	平成14年3月5日(2002.3.5)	(74) 代理人	230100631
審査請求日	平成16年11月25日(2004.11.25)		弁護士 稲元 富保
		(72) 発明者	大橋 幹夫
			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	桐畑 幸▲廣▼
		(58) 調査した分野(Int.Cl., DB名)	
			B41J 2/045
			B41J 2/055
			B05C 5/00

(54) 【発明の名称】 インクジェットヘッド及びインクジェット記録装置、画像形成装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

インク滴を吐出するノズルと、このノズルに連通するインク流路と、このインク流路の壁面を形成する振動板と、この振動板に対向する対向電極とを有し、前記振動板を静電気力で変形させてインク滴を吐出させるインクジェットヘッドにおいて、前記振動板が変形して接触可能な接触対向部を設け、前記振動板と接触対向部との間をスイッチング手段を介して接続し、このスイッチング手段がオン状態で、前記振動板が接触対向部に接触した状態のときに前記振動板と接触対向部が同電位となることを特徴とするインクジェットヘッド。

【請求項2】

請求項1に記載のインクジェットヘッドにおいて、前記対向電極の表面積に対する前記接触対向部の表面積の比の値が1/2を超えないことを特徴とするインクジェットヘッド。

【請求項3】

インク滴を吐出するノズルと、このノズルに連通するインク流路と、このインク流路の壁面を形成する振動板と、この振動板に対向する対向電極とを有し、前記振動板を静電気力で変形させてインク滴を吐出させるインクジェットヘッドにおいて、前記振動板が変形して接触可能で、且つ、振動板と同電位になる接触対向部を複数有し、これら複数の接触対向部を結線し同電位としたことを特徴とするインクジェットヘッド。

【請求項4】

10

20

請求項 3 に記載のインクジェットヘッドにおいて、前記振動板と前記結線された複数の接触対向部との間をスイッチング手段を介して接続し、このスイッチング手段がオン状態で、前記振動板が接触対向部に接触した状態のときに前記振動板と接触対向部とが同電位となることを特徴とするインクジェットヘッド。

【請求項 5】

インク滴を吐出するノズルと、このノズルに連通するインク流路と、このインク流路の壁面を形成する振動板と、この振動板に対向する対向電極と、前記振動板が変形して接触可能な接触対向部とを有し、前記振動板を静電気力で変形させてインク滴を吐出させるインクジェットヘッドを搭載したインクジェット記録装置であって、前記インクジェットヘッドの前記振動板と接触対向部との間をスイッチング手段を介して接続し、スイッチング手段がオン状態で、前記振動板が接触対向部に接触した状態のときに前記振動板と接触対向部とが同電位となることを特徴とするインクジェット記録装置。

10

【請求項 6】

請求項 5 に記載のインクジェット記録装置において、前記インクジェットヘッドの前記振動板が変形して前記接触対向部に接触するまでの間は前記スイッチング手段をオフ状態とし、前記振動板が前記接触対向部に接触した後に前記スイッチング手段をオン状態にする制御手段を設けたことを特徴とするインクジェット記録装置。

【請求項 7】

請求項 5 に記載のインクジェット記録装置において、前記インクジェットヘッドの前記振動板が変形して前記接触対向部に接触した後に前記スイッチング手段をオン状態とし、前記振動板が前記対向電極との間に駆動電圧が印加されなくなった後に前記スイッチング手段をオフ状態にする制御手段を設けたことを特徴とするインクジェット記録装置。

20

【請求項 8】

インク滴を吐出するノズルと、このノズルに連通するインク流路と、このインク流路の壁面を形成する振動板と、この振動板に対向する対向電極と、前記振動板が変形して接触可能な接触対向部とを有し、前記振動板を静電気力で変形させてインク滴を吐出させるインクジェットヘッドを搭載した画像形成装置であって、前記インクジェットヘッドの前記振動板と接触対向部との間をスイッチング手段を介して接続し、このスイッチング手段がオン状態で、前記振動板が接触対向部に接触した状態のときに前記振動板と接触対向部とが同電位となることを特徴とする画像形成装置。

30

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明はインクジェットヘッド及びインクジェット記録装置、画像形成装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

一般に、プリンタ、ファクシミリ、複写装置、プロッタ等の画像記録装置（画像形成装置を含む。）に用いられるインクジェット記録装置におけるインクジェットヘッドとして、インク滴を吐出するノズルと、このノズルに連通するインク流路（インク室、圧力室、吐出室、加圧室、加圧液室などとも称される。）と、このインク流路の壁面を形成する第一電極を兼ねる振動板と、これに対向する対向電極（第二電極）とを備え、振動板を静電気力で変形変位させてノズルからインク滴を吐出させる静電型インクジェットヘッドが知られている。

40

【0003】

ここで、従来の静電型インクジェットヘッドにおいては、各ノズルから吐出される一回当たりのインク吐出量を一定に安定させ、印字品質を安定化させるために、その振動板と対向電極との間の微小ギャップ（隙間）の寸法精度を高精度にして、振動板の変位量を精度よく一定に制御し保たなければならないが、現状の技術では極めて難しい技術である。

【0004】

また、静電気力を利用して振動板を変形変位させる静電型では、圧電素子を利用して振動

50

板を変形変位させる圧電型のものに比べて、同じ電圧で発生できる吐出圧力が非常に低く、しかも発生圧力は距離の逆数の二乗に比例するので、圧電型と同等の吐出圧力を得るには圧電型に比べて倍以上の非常に高い駆動電圧が必要となり、ヘッドコストも高くなる。

【0005】

そのため、静電型インクジェットヘッドにおいて、低電圧駆動を行うためには、振動板と対向電極との間のギャップをより小さくすることが好ましいことではあるが、ギャップをより小さくすると、より強い静電引力が働くため、変形した振動板が対向電極に接触し、ギャップ部において気体の絶縁破壊や電界放出などによる放電の大電流が瞬間的に流れ、対向電極を溶融したり、対向電極と振動板とが短絡を生じたりしてヘッドを破壊するおそれがある。

10

【0006】

そこで、特開平7-214769号公報に記載されているように、振動板側の対向電極に対向する面側に酸化膜や窒化膜等の絶縁膜を設け、また、対向電極としてITOから成る酸化物導電体を使用し、振動板を絶縁膜を介して対向電極に当接させることにより、振動板の変位量を一定に安定化させ、ギャップ部での短絡によるヘッド破壊を回避するようにしている。

【0007】

ところが、このようなヘッドにおいて、振動板と対向電極との間に電圧を印加し、絶縁膜を介して振動板を対向電極側へ当接させた場合、振動板側の絶縁膜、及び対向電極側の誘電体に電荷が残留し、その残留電荷が作り出す電界により振動板と対向電極との相対変位量が低下する。この相対変位量の低下は、インク滴の吐出量やインク滴の吐出速度の低下等を招き、吐出不良の原因となり、例えば印字濃度や画素ずれ等の印字品質不良や画素抜け等の信頼性の低下を招くという問題を有している。

20

【0008】

そのため、更に特開平9-136413号公報記載のインクジェットヘッドでは、上記残留電荷を除去しながらインク吐出を行うために、1滴のインク吐出動作毎に極性の異なる駆動電圧を交互に対向電極へ印加するように構成している。すなわち、極性の異なる駆動電圧を交互に対向電極へ印加することにより、各極性の電圧で振動板と対向電極との間に発生した残留電荷を打ち消し合うことが可能となり、その結果、振動板と対向電極との相対変位量を一定に保つことができ、安定したインク滴吐出動作を維持することが可能となるというものである。

30

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述した従来の静電型インクジェットヘッドにあっては、残留電荷を除去し安定したインク吐出を行うために、極性の異なる駆動電圧源を別に設けなければならないので、装置が大型化する。また、駆動回路に使用される他の素子の耐電圧としても、両極性分の電圧に耐えうる必要があるため、インクを吐出させる駆動電圧値よりも倍の耐電圧を有した素子を使用しなければならず、駆動回路側のコストが高くなってしまった問題を抱えている。

【0010】

さらに、対向電極へ極性の異なる駆動電圧を交互に印加することにより残留電荷を打ち消しあっているだけに過ぎず、本質的に残留電荷が未発生の状態となっているわけではない。

40

【0011】

したがって、例えば、対向電極へ印加される駆動電圧信号は画像信号に応じて印加されるわけであるが、画像信号に依っては、片方の極性の駆動電圧ばかりで印字されるような画像パターンもあり、その場合には、各極性の電圧での残留電荷の蓄積量が異なり、各電圧極性での振動板と対向電極との相対変位量が徐々に低下して異なってくるため、やはり、前述したように安定したインク吐出動作を行うことが困難となり、印字品質不良が発生するという課題がある。

50

【0012】

本発明は上記の点に鑑みてなされたものであり、安定したインク滴吐出動作を行うことができるインクジェットヘッド、画像品質が安定し装置構成が簡単なインクジェット記録装置及び画像形成装置を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】

上記の課題を解決するため、本発明に係るインクジェットヘッドは、振動板が変形して接触可能な接触対向部を設け、振動板と接触対向部との間をスイッチング手段を介して接続し、このスイッチング手段がオン状態で、振動板が接触対向部に接触した状態のときに振動板と接触対向部とが同電位となる構成としたものである。

10

【0014】

ここで、対向電極の表面積に対する前記接触対向部の表面積の比の値が $1/2$ を超えないことが好ましい。

【0015】

本発明に係るインクジェットヘッドは、振動板が変形して接触可能で、且つ、振動板と同電位になる接触対向部を複数有し、これら複数の接触対向部を結線し同電位とした構成としたものである。

【0016】

ここで、振動板と複数の接触対向部との間をスイッチング手段を介して接続し、このスイッチング手段がオン状態で、振動板が接触対向部に接触した状態のときに振動板と複数の

20

の接触対向部とが同電位となる構成とすることが好ましい。

【0017】

本発明に係るインクジェット記録装置及び画像形成装置は、振動板が変形して接触可能な接触対向部を有するインクジェットヘッドを搭載し、このインクジェットヘッドの振動板と接触対向部との間をスイッチング手段を介して接続し、このスイッチング手段がオン状態で、振動板が接触対向部に接触した状態のときに振動板と接触対向部とが同電位となる構成としたものである。

【0018】

ここで、インクジェットヘッドの振動板が変形して接触対向部に接触するまでの間は前記スイッチング手段をオフ状態とし、振動板が接触対向部に接触した後にスイッチング手段

30

をオン状態にする制御手段を設けることが好ましい。

【0019】

また、インクジェットヘッドの振動板が変形して接触対向部に接触した後にスイッチング手段をオン状態とし、振動板が対向電極との間に駆動波形が印加されなくなった後にスイッチング手段をオフ状態にする制御手段を設けることが好ましい。

【0020】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を添付図面を参照して説明する。図1は本発明に係る画像形成装置としてのインクジェット記録装置の機構部の概略斜視説明図、図2は同機構部の側面説明図である。

40

【0021】

このインクジェット記録装置は、記録装置本体1の内部に主走査方向に移動可能なキャリッジ、キャリッジに搭載したインクジェットヘッドからなる記録ヘッド、記録ヘッドへのインクを供給するインクカートリッジ等で構成される印字機構部2等を収納し、装置本体1の下方部には前方側から多数枚の用紙3を積載可能な給紙カセット（或いは給紙トレイでもよい。）4を抜き差し自在に装着することができ、また、用紙3を手差しで給紙するための手差しトレイ5を開倒することができ、給紙カセット4或いは手差しトレイ5から給送される用紙3を取り込み、印字機構部2に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6に排紙する。

【0022】

50

印字機構部 2 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 1 1 と従ガイドロッド 1 2 とでキャリッジ 1 3 を主走査方向（図 2 で紙面垂直方向）に摺動自在に保持し、このキャリッジ 1 3 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インクジェットヘッドからなる記録ヘッド 1 4 をインク滴吐出方向を下方に向けて装着し、キャリッジ 1 3 の上側には記録ヘッド 1 4 に各色のインクを供給するための各インクタンク（インクカートリッジ）1 5 を交換可能に装着している。

【0023】

ここで、キャリッジ 1 3 は後方側（用紙搬送方向下流側）を主ガイドロッド 1 1 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 1 2 に摺動自在に載置して 10
いる。そして、このキャリッジ 1 3 を主走査方向に移動走査するため、主走査モータ 1 7 で回転駆動される駆動プーリ 1 8 と従動プーリ 1 9 との間にタイミングベルト 2 0 を張装し、このタイミングベルト 2 0 をキャリッジ 1 3 に固定している。

【0024】

また、記録ヘッドとしてここでは各色の記録ヘッド 1 4 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 個のヘッドでもよい。さらに、記録ヘッド 1 4 として用いるインクジェットヘッドは、インク流路壁面を形成する振動板とこれに対向する電極との間の静電気力で振動板を変位させてインクを加圧する静電型のものを用いている。

【0025】

一方、給紙カセット 4 にセットした用紙 3 を記録ヘッド 1 4 の下方側に搬送するために、 20
給紙カセット 4 から用紙 3 を分離給送する給紙ローラ 2 1 及びフリクションパッド 2 2 と、用紙 3 を案内するガイド部材 2 3 と、給紙された用紙 3 を反転させて搬送する搬送ローラ 2 4 と、この搬送ローラ 2 4 の周面に押し付けられる搬送コロ 2 5 及び搬送ローラ 2 4 からの用紙 3 の送り出し角度を規定する先端コロ 2 6 とを設けている。搬送ローラ 2 4 は副走査モータ 2 7 によってギヤ列を介して回転駆動される。

【0026】

そして、キャリッジ 1 3 の主走査方向の移動範囲に対応して搬送ローラ 2 4 から送り出された用紙 3 を記録ヘッド 1 4 の下方側で案内する用紙ガイド部材である印写受け部材 2 9 を設けている。この印写受け部材 2 9 の用紙搬送方向下流側には、用紙 3 を排紙方向へ送り出すために回転駆動される搬送コロ 3 1、拍車 3 2 を設け、さらに用紙 3 を排紙トレイ 30
6 に送り出す排紙ローラ 3 3 及び拍車 3 4 と、排紙経路を形成するガイド部材 3 5、3 6 とを配設している。

【0027】

また、キャリッジ 1 3 の移動方向右端側には記録ヘッド 1 4 の信頼性を維持、回復するための信頼性維持回復機構（以下「サブシステム」という。）3 7 を配置している。キャリッジ 1 3 は印字待機中にはこのサブシステム 3 7 側に移動されてキャッピング手段などで記録ヘッド 1 4 をキャッピングされる。

【0028】

次に、このインクジェット記録装置の記録ヘッド 1 4 を構成する本発明に係るインクジェットヘッドについて図 3 乃至 6 を参照して説明する。図 3 は本発明の第 1 実施形態に係る 40
インクジェットヘッドの分解斜視説明図、図 4 は同ヘッドの振動板長手方向の断面説明図、図 5 は同ヘッドの振動板短手方向の要部拡大断面図、図 6 は図 5 の要部拡大説明図である。

【0029】

このインクジェットヘッドは、単結晶シリコン基板、多結晶シリコン基板、SOI 基板などのシリコン基板等を用いた第一基板である振動板／液室基板 4 1 と、この振動板／液室基板 4 1 の下側に設けたシリコン基板、パイレックスガラス基板、セラミックス基板等を用いた第二基板である電極基板 4 2 と、振動板／液室基板 4 1 の上側に設けた第三基板であるノズル板 4 3 とを備え、インク滴を吐出する複数のノズル 4 4、各ノズル 4 4 が連通するインク流路である吐出室 4 6、各吐出室 4 6 にインク供給路を兼ねた流体抵抗部 4 7 50

を介して連通する共通液室 48などを形成している。

【0030】

振動板／液室基板 41にはノズル 44が連通する複数の吐出室 46及びこの吐出室 46の壁面である底部をなす振動板 50（電極を兼ねている）を形成する凹部を形成し、ノズル板 43にはノズル 44となる孔及び流体抵抗部 47を形成する溝を形成し、また振動板／液室基板 41と電極基板 42には共通液室 48を形成する貫通部を形成している。

【0031】

ここで、振動板／液室基板 41は、例えば単結晶シリコン基板を用いた場合、予め振動板厚さにボロンを注入してエッチングストップ層となる高濃度ボロン層を形成し、電極基板 42と接合した後、吐出室 46となる凹部を KOH 水溶液などのエッチング液を用いて異方性エッチングすることにより、このとき高濃度ボロン層がエッチングストップ層となって振動板 50が高精度に形成される。また、ベース基板に酸化膜を介して活性層基板を接合してなる SOI 基板を用いて、酸化膜をエッチングストップとしてエッチングを行うことで活性層基板からなる振動板を形成することもできる。

10

【0032】

なお、振動板 50に別途第一電極となる電極膜を形成してもよいが、上述したように不純物の拡散などによって振動板が電極を兼ねるようにしている。また、振動板 50の電極基板 42側の面に絶縁膜を形成することもできる。この絶縁膜としては SiO_2 等の酸化膜系絶縁膜、 Si_3N_4 等の窒化膜系絶縁膜などを用いることができる。絶縁膜の成膜は、振動板表面を熱酸化して酸化膜を形成したり、成膜手法を用いたりすることができる。

20

【0033】

また、電極基板 42にはパイレックスガラス（硼珪酸系ガラス）基板を用いて、このパイレックスガラス基板に凹部 54を形成して、この凹部 54底面に振動板 50に対向する対向電極 55a、55bを設け、振動板 50と対向電極 55a、55bとの間にギャップ 56を形成し、これらの振動板 50と対向電極 55a、55bとによってアクチュエータ部（エネルギー発生手段）を構成している。このとき、凹部 54の深さはギャップ 56の長さを規定することになる。なお、電極基板 42にはセラミック基板、シリコン基板なども用いることもでき、導電性を有するシリコン基板を用いた場合には酸化層を形成して、この酸化層に凹部 54を形成する。

【0034】

対向電極 55a、55b表面には SiO_2 膜などの酸化膜系絶縁膜、 Si_3N_4 膜などの窒化膜系絶縁膜からなる誘電絶縁膜 57を成膜している。なお、上述したように対向電極 55a、55b表面に絶縁膜 57を形成しないで、振動板 50側に絶縁膜を形成することもできる。

30

【0035】

また、電極基板 42の対向電極 55a、55bとしては、金、或いは、通常半導体素子の形成プロセスで一般的に用いられる Al、Cr、Ni 等の金属材料や、Ti、TiN、W 等の高融点金属、または不純物により低抵抗化した多結晶シリコン材料などを用いることができる。

【0036】

さらに、電極基板 42の凹部 54内には、図 5 及び図 6 に示すように、振動板短手方向の略中央部で対向電極 55aと電極 55bとの間に、振動板 50が変形したときに接触する金等の電氣的伝導性を有する材質の接触対向部 58を設けている。この振動板 50の接触対向部 58は、第 2 基板 42の凹（段）部 54内で振動板短手方向略中央部に設けている。また、振動板 50と接触対向部 58までの距離の方を振動板 50と電圧印加される対向電極 55a、55bまでの距離よりも短くするため、凹（段）部 54内に凸部 54aを一ヵ所設け、その凸部 54a上に接触対向部 58を形成している。

40

【0037】

そして、接触対向部 58と振動板／液室基板 41の振動板 50とが接触したときに同電位とできるように、配線 59及びスイッチング素子 60を介して相互に接続し、更に振動板

50

50側が電氣的にGND（接地）電位となるように配線59は接地している。ただし、スイッチング素子60がオン状態になって接触対向部58と振動板／液室基板41の振動板50とが接触したときに同電位となるのであれば、接地する必要はなく、ある電位に接続されていても良い。

【0038】

スイッチング素子60としては、メカニカルな接点スイッチを使用することもできるが、トランジスタ素子、アナログ／デジタルスイッチ、サイリスタ素子のIC素子を用いる方が、オン／オフ制御が容易になる。

【0039】

これらの振動板／液室基板41と電極基板42との接合は陽極接合で行っている。陽極接合は、基板間に電圧（-300V~-500V程度）を印加することで比較的低温（300℃~400℃）で精密な接合を行うことができる。

10

【0040】

このような陽極接合を確実に行うには、基板の接合界面で基板同士の共有結合が生じるように振動板／液室基板（第1基板41）、或いは電極基板（第2基板）42のどちらかがアルカリイオンを多く含む基板であることが必要があり、また、接合する際、熱応力による基板同士の歪みが少なくなるように基板同士の熱膨張係数が比較的一致している材料を選択することが好ましい。

【0041】

ここでは、上記のように第1基板41に単結晶のシリコン基板を使用し、第2基板42にNa等のアルカリイオンを多く含み、シリコン基板と比較的熱膨張係数が一致するパイレックスガラス（硼珪酸系ガラス）基板を使用するため、基板同士の熱歪みの少ない確実な接合が得られる。

20

【0042】

なお、電極基板42がシリコンで形成される場合、酸化膜を介した直接接合法を用いることができる。この直接接合は1000℃程度の高温化で実施する。また、電極基板42をシリコンで形成して、陽極接合を行う場合には、電極基板42と振動板／液室基板41との間にパイレックスガラスを成膜し、この膜を介して陽極接合を行うこともできる。さらに、振動板／液室基板41と電極基板42にシリコン基板を使用して金等のバインダーを接合面に介在させた共晶接合で接合することもできる。

30

【0043】

ノズル板43には、多数のノズル44を形成するとともに、共通液室48と吐出室46を連通するための流体抵抗部47を形成する溝部を形成している。ここでは、インク吐出面（ノズル表面側）には撥水性皮膜を成膜している。このノズル板43にはステンレス基板を用いているが、この他、エレクトロフォーミング（電鑄）工法によるニッケルメッキ膜、ポリイミド等の樹脂にエキシマレーザー加工をしたもの、金属プレートにプレス加工で穴加工をしたもの等でも用いることができる。

【0044】

また、撥水性皮膜は、フッ素系樹脂微粒子であるポリテトラフルオロエチレン微粒子を分散させた電解又は無電解ニッケル共析メッキ（PTFE-Ni共析メッキ）によるメッキ皮膜で形成することができる。

40

【0045】

このインクジェットヘッドではノズル44を二列配置し、この各ノズル44に対応して吐出室46、振動板50、対向電極55a、55bなども二列配置し、各ノズル列の中央部に共通液室48を配置して、左右の吐出室46にインクを供給する構成を採用している。これにより、簡単なヘッド構成で多数のノズルを有するマルチノズルヘッドを構成することができる。

【0046】

そして、対向電極55aは外部に延設して接続部（電極パッド部）55Aとし、これにヘッド駆動回路であるドライバIC61をFPCケーブル62上へのフリップチップボン

50

によって実装し、そのFPCケーブル62とインクジェットヘッドとを異方性導電膜などを介して接続している。また、スイッチング素子60をオン／オフ制御するためにFPCケーブル62を介して図示しない制御部に接続している。

【0047】

また、電極基板42とノズル板43との間（ギャップ56入口）はエポキシ樹脂等の接着剤を用いたギャップ封止剤63にて気密封止し、ギャップ56内に湿気が侵入して振動板50が変位しなくなるのを防止している。

【0048】

さらに、インクジェットヘッド全体をフレーム部材65上に接着剤で接合している。このフレーム部材65にはインクジェットヘッドの共通液室48に外部からインクを供給するためのインク供給穴66を形成しており、またFPCケーブル62等はフレーム部材65に形成した穴部67に収納される。

10

【0049】

このフレーム部材65とノズル板43との間はエポキシ樹脂等の接着剤を用いたギャップ封止剤68にて封止し、撥水性を有するノズル板43表面のインクが電極基板42やFPCケーブル62等に回り込むことを防止している。

【0050】

そして、このヘッドのフレーム部材65にはインクカートリッジとのジョイント部材70が連結されて、フレーム部材75に熱融着したフィルタ71を介してインクカートリッジからインク供給穴76を通じて共通液室48にインクが供給される。

20

【0051】

次に、このインクジェット記録装置の制御部の概要について図7を参照して説明する。この制御部は、この記録装置全体の制御を司るマイクロコンピュータ（以下、「CPU」と称する。）80と、所要の固定情報を格納したROM81と、ワーキングメモリ等として使用するRAM82と、ホスト側から転送される画像データを処理したデータを格納する画像メモリ83と、パラレル入出力（PIO）ポート84と、入力バッファ85と、パラレル入出力（PIO）ポート86と、波形生成回路87と、ヘッド駆動回路61及びドライバ89等を備えている。

【0052】

ここで、PIOポート84にはホスト側から画像データなどの各種情報、図示しない操作パネルからの信頼性回復指示情報等の各種指示情報、用紙の始端、終端を検知する紙有無センサからの検知信号、キャリッジ13のホームポジション（基準位置）を検知するホームポジションセンサ等の各種センサからの信号等が入力され、またこのPIOポート84を介してホスト側や操作パネル側に対して所要の情報が送出される。

30

【0053】

また、波形生成回路87は、インクジェットヘッドの振動板50と対向電極55a、55bとの間にインク滴を吐出させる駆動波形を生成して出力する。この波形生成回路87にはD/A変換器を用いてCPU80から与えられる電圧データをD/A変換することにより所定の駆動電圧の駆動波形（駆動パルス）を生成出力するようにしている。

【0054】

40

さらに、CPU80は、ヘッド駆動回路（ドライバIC）61に対してPIOポート86を介して印字信号等の各種データ及び信号を与え、所定の駆動タイミングで所定のチャンネルを駆動するために、記録ヘッド14の各ノズル44に対応するエネルギー発生手段（振動板50と電極55a、55b）に対して駆動波形を印加させる。また、CPU80は、ヘッド駆動回路61に対して印字信号を出力するときに、所定のタイミングで記録ヘッド14に設けた各チャンネルのスイッチング素子60からなるスイッチング素子アレイ60Aに対してPIOポート86を介してオン／オフ信号（スイッチ駆動信号）を出力する。

【0055】

さらに、ドライバ89は、PIOポート86を介して与えられる駆動データに応じて主走

50

査モータ 17 及び副走査モータ 27 を各々駆動制御することで、キャリッジ 13 を主走査方向に移動走査し、搬送ローラ 24 を回転させて用紙 3 を所定量搬送させる。

【0056】

次に、以上のように構成したインクジェットヘッド及びインクジェット記録装置の作用について図 8 をも参照して説明する。

記録ヘッド 14 を構成しているインクジェットヘッドの対向電極 55a、55b にドライバ IC (ヘッド駆動回路) 61 によって正のパルス電圧 (駆動波形) を印加すると、対向電極 55a、55b の表面がプラス電位に帯電し、対応する振動板 50 の下面はマイナス電位に帯電する。したがって、振動板 50 は静電気の吸引作用により下方 (対向電極 55a、55b 側) へ撓む。

10

【0057】

ここで、振動板 50 に発生する静電吸引力の大きさ P は、(1) 式のように表される。ただし、 ϵ は振動板 50 と対向電極 55a、55b との間に存在する空気の誘電率、S は振動板 50 と対向電極 55a、55b との間に働く静電気力の有効面積、V は対向電極 55a、55b に印加する駆動電圧、d は振動板 50 と対向電極 55a、55b との間の実効的なギャップ距離を表わす。

【0058】

【数 1】

$$P = \frac{1}{2} \cdot \epsilon \cdot S \cdot \left(\frac{V}{d} \right)^2 \quad \dots\dots(1)$$

20

【0059】

ここで、実効的なギャップ距離 d とは、(2) 式のような関係を意味し、振動板 50 と対向電極 55a、55b との間に空気以外の誘電率を有する物質が介在する場合には、d は(2) 式のように表わされる。但し、(2) 式において、 d_a は振動板 50 と対向電極 55a、55b との間に存在する空隙の距離、 d_ϵ は振動板 50 と対向電極 55a、55b との間に存在する誘電絶縁層 57 の厚み、 ϵ_r は誘電絶縁層 57 の比誘電率を表わす。

【0060】

30

【数 2】

$$d = d_a + \frac{d_\epsilon}{\epsilon_r} \quad \dots\dots(2)$$

【0061】

すなわち、振動板 50 と対向電極 55a、55b との間に、ある誘電率を有する物質を介在させると、(2) 式のように、その介在させた誘電物質の厚み d_ϵ とその誘電物質が有する比誘電率 ϵ_r を変化させることによって、振動板 50 と対向電極 55a、55b との間に発生する電界強度 E (すなわち $E = V/d$) と、それによって生じる静電吸引力 P の大きさが変化するということである。したがって、(1) 式に示されるように静電吸引力 P は、振動板 50 と対向電極 55a、55b との間の実効的なギャップ距離 d が小さいほど振動板 50 に大きな静電引力が働くこととなる。

40

【0062】

そこで、このインクジェットヘッドを駆動するときには、図 6 に示すように、振動板 50 が対向する対向電極 55a、55b 方向へ撓み、最終的には振動板 50 が凹 (段) 部 54 内に配置され、振動板 50 と同電位にすることができる接触対向部 58 に接触するまで変形変位する駆動波形を印加する。

【0063】

従来のインクジェットヘッドにあっては、この振動板が駆動電圧 V の印加されている対向

50

電極へ接触した瞬間に、振動板と対向電極との間に発生している電位差が主たる原因で残留電荷が発生していることが、実験上、判明した。

【0064】

そこで、本発明では、振動板50が凹（段）部54内で主に接触する部分に予め接触対向部58を配置し、振動板50と電極55a、55bとの間に電位差が発生している間に、スイッチング素子60をオン制御して、接触対向部58と振動板50の電位が同電位となるようにすることにより、本質的に残留電荷の発生を除去することができるとともに、より低い駆動電圧でもって効率よく振動板50を変形させることを可能としている。

【0065】

次に、対向電極55a、55bへのパルス電圧の印加をOFFすると、上記のようにして 10
撓んだ振動板50が復元し、吐出室56内の圧力が急激に上昇するため、ノズル44よりインク液滴が形成され、記録紙に向けてインク吐出が行われる。そして、さらに、再び、対向電極55a、55bへパルス電圧をONすると、振動板50が再び対向する対向電極55a、55b、及び接触対向部58の方向へ撓むので、インクが共通液室48より流体抵抗部47を通じて吐出室46内に補給されるようになる。

【0066】

このように、振動板50が変形して対向する対向電極55a、55b側へ接触する際、予め第2基板42の凹（段）部54内に振動板50の接触対向部58を配置し、また、その接触対向部58をスイッチング素子60により振動板50側の電位と電氣的に同電位とすることにより、本質的に残留電荷の発生を未然に防止することができ、また、残留電荷の 20
発生が無い場合片方の極性の駆動電圧のみでもインク滴吐出不良の無い安定したインク滴吐出動作を行うことができるようになる。

【0067】

また、スイッチング素子60がOFF状態となっている間は、接触対向部58と振動板50との間にも電位差が生じ、接触対向部58を電極部として代用でき、前記（1）式で示される振動板50と電極55a、55bとの間に働く静電気力の有効面積Sを実質的に広げることができるので、より低い駆動電圧でもって効率よく振動板50を撓ませ、接触対向部58へ接触させてインク吐出を行うことができる。

【0068】

なお、電極55a、55bへ駆動電圧を印加中にスイッチング素子60をオン状態とすると、電極55a、55bと接触対向部58との間にも電位差が発生するので、電極55a、55bと接触対向部58との間で電界放出等による放電や短絡等が生じないように十分な電氣的な絶縁処理を施しておく必要がある。

【0069】

そこで、制御部によるヘッド駆動制御の第1例について図8を参照して説明する。

この例では、同図（a）に示すように、時点T0で対向電極55a、55bに電圧値 v_a の正のパルス状の駆動電圧信号 V_a を印加すると、振動板50は同図（b）に示すように対向電極55a、55b側に変形変位を開始して、時間の経過とともに振動板50が接触対向部58へ接触し、このときの振動変位量は δ となる。そして、駆動制御信号を時点T3でオフ状態にすると、振動板50が復元してインク滴が吐出される。 40

【0070】

制御部は、この駆動波形（駆動制御信号）のタイミングに合わせて、同図（c）に示すように、振動板50が対向接触部58に接触するまでの間はスイッチング素子60をオフ状態にしておき、振動板50が対向接触部58に接触した後の時点T1でスイッチング素子60をオン状態にして、振動板50側の電位と接触対向部58側の電位とを同電位とし、駆動制御信号をオフにする時点T3でスイッチング素子60もオフ状態にする。

【0071】

このようなタイミングでスイッチング素子60のオン／オフの状態を切り替えることにより、残留電荷の発生を除去することができるとともに、より低い駆動電圧でもって効率よく安定したインク吐出動作が実現できる。

【0072】

すなわち、主に残留電荷が大きく発生する時点は、前述したように振動板50が駆動電圧Vaが印加されている電極55a, 55bに接触した瞬間の時刻（本実施例では時刻T1の時）であることが、実験上判明している。

【0073】

したがって、パルス状の駆動電圧Vaが電極55a, 55bに印加された後、振動板50が接触対向部58に接触する時点T1になるまでの間は、スイッチング素子60をオフ状態として、接触対向部58を電極55a, 55bのようにして代用して用いる。そして、時点T1で振動板50が接触対向部58に接触し、接触対向部58上で主な残留電荷が大きく発生した後の時点T2のタイミングでスイッチング素子60をオフ状態からオン状態にして、振動板50側の電位と接触対向部58側の電位とを同電位とすることにより、毎回の印字パルス毎に発生する残留電荷の発生を本質的に除去することができる。

10

【0074】

また、振動板50と接触対向部58との間にスイッチング素子60を設け、そのスイッチング素子60のON/OFF動作を利用することにより、従来に比べてより低い駆動電圧でもって効率よく振動板50を撓ませられ、また、発生した残留電荷をより短い時間で効率よく除去できるので、より安定したインク吐出動作が可能となる。つまり、振動板50と接触対向部58とを常に同電位にした場合、駆動電圧に対して振動板50が効率良く変形され難くなり、比較的高い駆動電圧を必要とするが、スイッチング素子60を設けることで、このような事態を回避することができるのである。

20

【0075】

次に、制御部によるヘッド駆動制御の第2例について図9を参照して説明する。

この例でも、同図（a）に示すように、時点T0で対向電極55a, 55bに電圧値vaの正のパルス状の駆動電圧信号Vaを印加すると、振動板50は同図（b）に示すように対向電極55a, 55b側に変形変位を開始して、時間の経過とともに振動板50が接触対向部58へ接触し、このときの振動変位量は δ となる。そして、駆動制御信号を時点T3でオフ状態にすると、振動板50が復元してインク滴が吐出される。

【0076】

制御部は、この駆動波形（駆動制御信号）のタイミングに合わせて、同図（c）に示すように、振動板50が対向接触部58に接触するまでの間はスイッチング素子60をオフ状態にしておき、振動板50が対向接触部58に接触した後の時点T1でスイッチング素子60をオン状態にして、振動板50側の電位と接触対向部58側の電位とを同電位とし、駆動制御信号をオフにして振動板50が復元を開始した時点T3より後の時点T4でスイッチング素子60をオフ状態にするようにしている。

30

【0077】

このようなタイミングでもってスイッチング素子60のオン/オフ制御を行うことにより、より低い駆動電圧でもって効率よく安定したインク吐出動作を行うことができるとともに、より確実に残留電荷の発生を除去することができる。

【0078】

すなわち、振動板50が接触対向部58に接触した時点T1で、接触対向部58上で主な残留電荷が大きく発生した後の時点T2のタイミングでスイッチング素子60をオフ状態からオン状態にして、振動板50側の電位と接触対向部58側の電位とを同電位としてすることで、毎回の印字パルス毎に発生する残留電荷の発生を本質的に除去することができるのは、前記図8の例と同様である。

40

【0079】

さらに、この例のように、電極55a, 55bに駆動電圧Vaが印加されなくなる時点（駆動電圧VaがOFFされる時点）T3を過ぎた後、電極55a, 55bに駆動電圧Vaが印加されていない時点T4においてスイッチング素子60をオフにすることにより、図8の動作に比較してより確実に安定して残留電荷の発生を除去することができる。

【0080】

50

つまり、図8の例におけるスイッチング素子60のON/OFF動作では、電極55a, 55bに駆動電圧Vaが印加されなくなる時点T3で同時にスイッチング素子60の状態をONからOFFの状態にしていたため、スイッチング素子60のON/OFF動作の若干のタイミングのずれや、接触対向部58に発生した残留電荷が除去されるまでの時間の違いなどにより、残留電荷を完全に除去できずに、不安定なインク吐出動作が発生することがあったが、スイッチング素子60をオフ状態にするタイミングを駆動電圧Vaをオフするタイミングよりも遅らせることにより、確実に残留電荷を完全に除去することができるようになる。

【0081】

次に、本発明の第2実施形態に係るインクジェットヘッドについて図10を参照して説明する。なお、同図は図6と同様な振動板変形時の振動板短手方向の要部拡大説明図である。

10

【0082】

このインクジェットヘッドでは、振動板50が接触する接触対向部58を第2基板42の凹（段）部54内において図示のように駆動電圧を印加するための対向電極55の表面上に誘電絶縁層57を介して設置している。また、前記と同様に接触対向部58は振動板50の振動板短辺方向に対してほぼ中央部に一ヵ所設けている。この場合、振動板50の接触対向部58は対向電極55表面上に誘電絶縁層57を介して形成するので、必然的に振動板50と接触対向部58との間の距離の方が振動板50と電圧印加される対向電極55との間の距離よりも短くなる。

20

【0083】

このように構成した場合、前記実施形態のヘッドに比べてより簡易な構成で容易に作製可能となり、また、より確実に安定して残留電荷の発生を未然に防止する効果が得られる。

【0084】

これを確認するため、この第2実施形態のインクジェットヘッドを使用し、第1基板41の上側にステンレス製の第3基板43をエポキシ系接着剤にて接合し、ドライバIC61等を接続して対向電極55にパルス状のプラス（正）電圧のみの片極性の電圧を印加して、図9に示したタイミングでスイッチング素子60のオン/オフ制御をして、作製したインクジェットヘッドの印字試験を行った。同様に、比較例として、接触対向部58及びスイッチング素子60を持たないインクジェットヘッドも製作して同様の印字試験を行った。

30

【0085】

この試験結果によると、従来の接触対向部58及びスイッチング素子60を持たないインクジェットヘッドにあっては、片極性のプラス（正）電圧のみでインク滴を吐出させるには50V程度の駆動電圧が必要であったが、接触対向部58及びスイッチング素子60を持つ本実施形態のインクジェットヘッドでは30V程度の低い駆動電圧でもって残留電荷を除去しながら、より確実に安定してインク滴を吐出できることが確認された。

【0086】

ここで、本発明に係るインクジェットヘッドにおける対向電極と接触対向部の表面積の関係について説明する。

40

表1は、対向電極55（又は電極51a, 51bの両者）の表面積Aと接触対向部58の表面積Bとの面積比B/Aに対する振動板50の振動変位安定性の関係を表わすものである。

【0087】

【表1】

電極55 の表面積A	対向部58 の表面積B	面積比B/A	振動板5の振動変位安定性
$225 \times 10^3 \mu\text{m}^2$	$225 \times 10^3 \mu\text{m}^2$	1/1	電圧50V印加しても 振動板5が対向部25に接触しない
$300 \times 10^3 \mu\text{m}^2$	$150 \times 10^3 \mu\text{m}^2$	1/2	電圧30V以下では不安定な変位 電圧50Vで安定な変位
$337.5 \times 10^3 \mu\text{m}^2$	$112.5 \times 10^3 \mu\text{m}^2$	1/3	電圧30V以下でも安定な変位
$360 \times 10^3 \mu\text{m}^2$	$90 \times 10^3 \mu\text{m}^2$	1/4	電圧30V以下でも安定な変位

10

【0088】

この表1のように、面積比B/Aを変化させるに従い、駆動電圧値に対して振動板50の振動変位安定性が異なる。これは、すなわち前記した(1)式で示される振動板50と電極55（又は電極55a、55b）との間に働く静電気力の有効面積Sが変化するためである。面積比1/1では駆動電圧値を50Vとしても振動板50を接触対向部58に接触させることができず、面積比1/2にして駆動電圧値50Vで振動板50を接触対向部58に接触させることができ、安定した振動変位が得られる。

20

【0089】

しかしながら、駆動電圧値を30V以下とすると、振動板50と電極55（又は電極55a、55b）との間に働く静電気力が弱くなるために、振動板50を接触対向部58に接触させることができず不安定な振動変位状態となってしまう。

【0090】

また、面積比1/3では、より電極55（又は電極55a、55b）側の表面積Aの方が大きいので、駆動電圧値を30V以下としても振動板50を接触対向部58に接触させることができ安定した振動変位が得られる。さらに、面積比を1/4とした場合でも、面積比1/3の場合と同様に駆動電圧値30V以下で安定した振動変位が得られる。

30

【0091】

したがって、電極55（又は電極55a、55b）の表面積Aと接触対向部55の表面積Bとの面積比B/Aの値を1/2以下の値とすることにより、振動板の安定な振動変位が得られるようになり、より駆動電圧値を低くして安定な振動変位を得られるようにするためには面積比B/Aの値を1/3以下の値とすることがより好ましい。

【0092】

次に、本発明に係るインクジェットヘッドの第3実施形態について図11を参照して説明する。なお、同図は同ヘッドの第2基板を見た平面説明図である。

40

この実施形態においては、複数のノズルのヘッドの対向電極55と振動板50の接触対向部58とを第2基板42上に配置し、各接触対向部58を同図に示すようにパターン形成された配線65で結線したものである。

【0093】

このように構成することにより、複数ノズルのヘッドにおいても簡易な駆動回路構成で残留電荷の発生を除去することができる。

【0094】

次に、本発明に係るインクジェットヘッドの第4実施形態について図12を参照して説明する。

この実施形態は、第3実施形態における配線65をスイッチング素子60を介して振動板

50

50（ここでは、接地している。）に接続したものである。

【0095】

このように構成することにより、駆動電圧信号の最高駆動周波数に同期したスイッチング周波数で1つのスイッチング素子60をオン／オフ制御するだけで、各チャンネルの対向電極58と振動板50との接続／切断を行うことができ、複数ノズルのヘッドにおいても簡易な駆動回路構成で残留電荷の発生を除去することができ、また、より低い駆動電圧で効率よく安定したインク吐出動作をさせることが可能となる。

【0096】

ここで、この実施形態のインクジェットヘッドを使用し、ヘッド駆動回路61、スイッチング素子60を配線62、配線65で接続して電極55にパルス状のプラス（正）電圧のみの片極性電圧が印加されるようにし、図9で説明したタイミングでもってスイッチング素子60を駆動電圧信号の最高駆動周波数である10kHzに同期したスイッチング周波数で動作させて、作製したインクジェットヘッドの印字試験を行った。

10

【0097】

この結果、複数ノズルのヘッドにおいても、片極性のプラス（正）電圧のみで30V程度の従来に比較してより低い駆動電圧で残留電荷を除去することができ、より確実に安定してインク吐出することが可能となった。また、駆動回路構成が簡易になったため、複数ノズルを有するヘッドのコストも20%以上も低下させることが可能となった。

【0098】

なお、上記各実施形態においては、本発明を振動板変位方向とインク滴吐出方向が同じになるサイドシュータ方式のインクジェットヘッドに適用したが、振動板変位方向とインク滴吐出方向と直交するエッジシュータ方式のインクジェットヘッドにも同様に適用することができる。また、前述したようにプリンタ、ファクシミリ、プロッタ等の画像形成装置及びインク液滴を吐出する装置にも本発明を適用することができる。

20

【0099】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明に係るインクジェットヘッドによれば、振動板が変形して接触可能な接触対向部を設け、振動板と接触対向部との間をスイッチング手段を介して接続し、このスイッチング手段がオン状態で、振動板が接触対向部に接触した状態のときに振動板と接触対向部とが同電位となる構成としたので、本質的に残留電荷の発生を除去することができ、低電圧駆動化、インク滴吐出特性の安定化による画像品質の向上を図れ、更にヘッドの小型化、低コスト化を図れる。

30

【0100】

ここで、対向電極の表面積に対する前記接触対向部の表面積の比の値が1/2を超えないようにすることで、より低い駆動電圧で安定して残留電荷の発生を除去することができ、より安定した信頼性の高いヘッドを得ることができる。

【0101】

本発明に係るインクジェットヘッドによれば、振動板が変形して接触可能で、且つ、振動板と同電位になる接触対向部を複数有し、これら複数の接触対向部を結線し同電位とした構成としたので、より簡単なヘッド構成で、本質的に残留電荷の発生を除去することができ、低電圧駆動化、インク滴吐出特性の安定化による画像品質の向上を図れ、更にヘッドの小型化、低コスト化を図れる。

40

【0102】

ここで、振動板と複数の接触対向部との間をスイッチング手段を介して接続し、このスイッチング手段がオン状態で、振動板が接触対向部に接触した状態のときに振動板と複数の接触対向部とが同電位となる構成とすることにより、より簡単なヘッド構成で、本質的に残留電荷の発生を除去することができ、低電圧駆動化、インク滴吐出特性の安定化による画像品質の向上を図れ、更にヘッドの小型化、低コスト化を図れる。

【0103】

本発明に係るインクジェット記録装置及び画像形成装置によれば、振動板が変形して接

50

触可能な接触対向部を有するインクジェットヘッドを搭載し、このインクジェットヘッドの振動板と接触対向部との間をスイッチング手段を介して接続し、このスイッチング手段がオン状態で前記振動板が接触対向部に接触した状態のときに振動板と接触対向部とが同電位となる構成としたので、本質的に残留電荷の発生を除去することができ、低電圧駆動化、インク滴吐出特性の安定化による画像品質の向上を図れる。

【0104】

ここで、インクジェットヘッドの振動板が変形して接触対向部に接触するまでの間はスイッチング手段をオフ状態とし、振動板が接触対向部に接触した後にスイッチング手段をオン状態にする制御手段を設けることにより、より低い駆動電圧でより確実に残留電荷の発生を除去することができ、より安定したインク滴吐出動作で安定した印字品質が得られる。

10

【0105】

また、インクジェットヘッドの振動板が変形して接触対向部に接触した後にスイッチング手段をオン状態とし、振動板が対向電極との間に駆動波形が印加されなくなった後にスイッチング手段をオフ状態にする制御手段を設けることにより、確実に、より低い駆動電圧でより確実に残留電荷の発生を除去することができ、より安定したインク滴吐出動作で安定した印字品質が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るインクジェット記録装置の機構部の概略斜視説明図

【図2】同機構部の側面説明図

20

【図3】本発明の第1実施形態に係るインクジェットヘッドの分解斜視説明図

【図4】同ヘッドの振動板長手方向の断面説明図

【図5】同ヘッドの振動板短手方向の要部拡大断面図

【図6】同ヘッドの振動板変形時の振動板短手方向の要部拡大説明図

【図7】同記録装置の制御部の概要を示すブロック図

【図8】同制御部の行うヘッド駆動制御の一例の説明に供する説明図

【図9】同制御部の行うヘッド駆動制御の他の例の説明に供する説明図

【図10】本発明の第2実施形態に係るインクジェットヘッドの振動板変形時の振動板短手方向の要部拡大説明図

【図11】本発明の第3実施形態に係るインクジェットヘッドの説明に供する第2基板の平面説明図

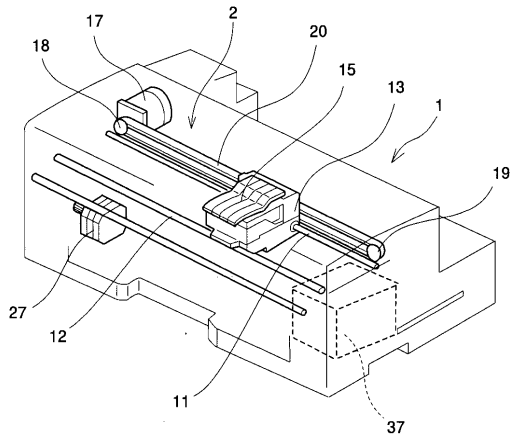
30

【図12】本発明の第4実施形態に係るインクジェットヘッドの説明に供する第2基板の平面説明図

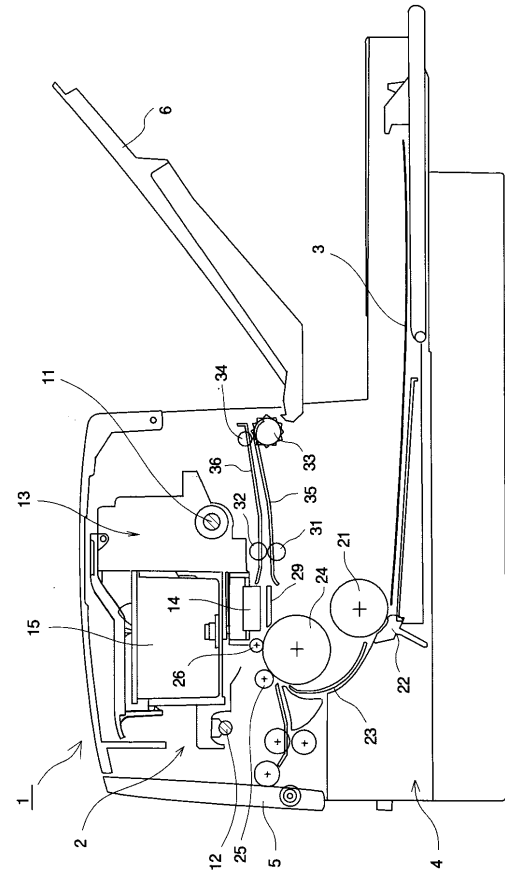
【符号の説明】

13…キャリッジ、14…記録ヘッド、41…振動板／液室基板、42…電極基板、43…ノズル板、44…ノズル、46…吐出室、47…流体抵抗部、48…共通液室、50…振動板、54…凹部、55、55a、55b…対向電極、57…絶縁膜、58…接触対向部、60…スイッチング素子、61…ヘッド駆動回路。

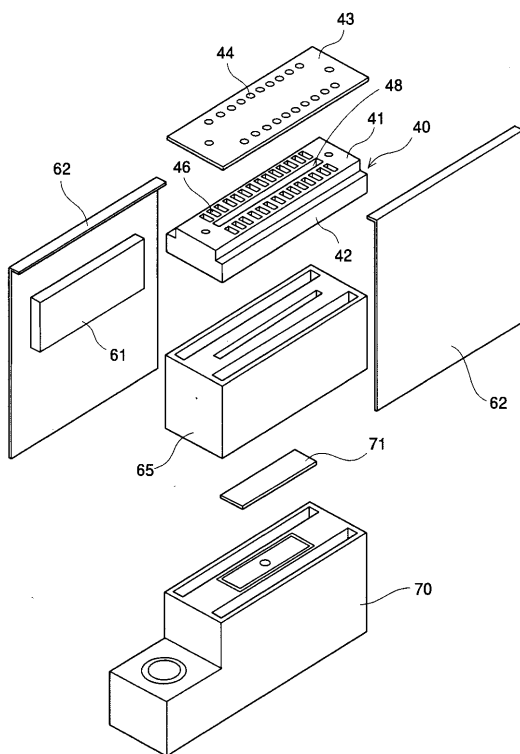
【図 1】



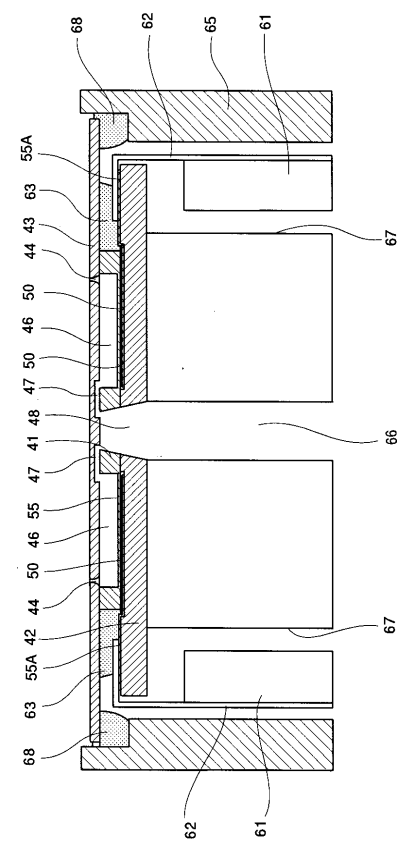
【図 2】



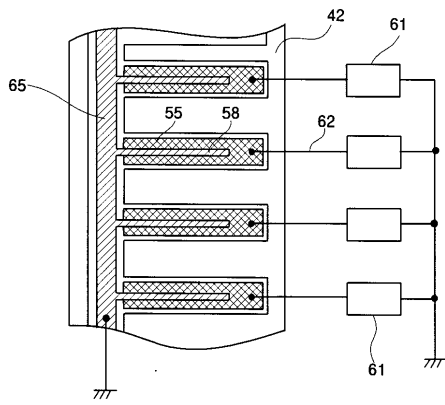
【図 3】



【図 4】



【図 1 1】



【図 1 2】

