

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4680805号
(P4680805)

(45) 発行日 平成23年5月11日 (2011.5.11)

(24) 登録日 平成23年2月10日 (2011.2.10)

(51) Int.Cl.

F I

B 4 1 J 2/045 (2006.01)

B 4 1 J 3/04 1 O 3 A

B 4 1 J 2/055 (2006.01)

請求項の数 12 (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2006-65215 (P2006-65215)
 (22) 出願日 平成18年3月10日 (2006.3.10)
 (65) 公開番号 特開2007-237635 (P2007-237635A)
 (43) 公開日 平成19年9月20日 (2007.9.20)
 審査請求日 平成20年5月13日 (2008.5.13)

(73) 特許権者 000005267
 ブラザー工業株式会社
 愛知県名古屋市瑞穂区苗代町 1 5 番 1 号
 (73) 特許権者 000006633
 京セラ株式会社
 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町 6 番地
 (74) 代理人 100089196
 弁理士 梶 良之
 (74) 代理人 100104226
 弁理士 須原 誠
 (72) 発明者 佐武 健一
 鹿児島県霧島市国分山下町 1 番 4 号 京セラ株式会社 京セラ総合研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 インクジェットヘッド

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

共通インク室、及び、前記共通インク室の出口から圧力室を経てインクの吐出口に至る個別インク流路を有する流路ユニットと、

前記圧力室の容積を V_1 とする第 1 の状態と前記圧力室の容積を V_1 より大きい V_2 とする第 2 の状態とを選択的に取ることができ、前記第 1 の状態から前記第 2 の状態を経て前記第 1 の状態に戻る際に前記吐出口からインクを吐出させるアクチュエータとを備えており、前記圧力室と前記アクチュエータとによる一体的な振動の際の固有振動周期が、前記個別インク流路のうち前記圧力室の出口から前記吐出口までの第 1 の部分流路に充填されたインクの固有振動周期に近いインクジェットヘッドであって、

前記アクチュエータ及び圧力室の一体的な変形によって前記吐出口からインクを吐出させる際に、前記一体的な変形に伴って発生する前記一体的な振動における固有振動周期が T_s であり、前記第 1 の部分流路に充填されたインクの固有振動周期が T_d であるとき、 $0.36 \leq T_s / T_d \leq 0.90$ 又は $1.1 \leq T_s / T_d \leq 1.7$ を満たすことを特徴とするインクジェットヘッド。

【請求項 2】

$0.36 \leq T_s / T_d \leq 0.48$ 、 $0.60 \leq T_s / T_d \leq 0.90$ 又は $1.1 \leq T_s / T_d \leq 1.7$ を満たすことを特徴とする請求項 1 に記載のインクジェットヘッド。

【請求項 3】

前記個別インク流路の全体に充填されたインクの固有振動周期が T_c であるとき、 $0.36 \leq T_s / T_c \leq 0.90$ 又は $1.1 \leq T_s / T_c \leq 1.7$ を満たすことを特徴とする請求項 1 に記載のインクジェットヘッド。

10

20

0060 Ts * Td / Tc² 0.014 をさらに満たすことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のインクジェットヘッド。

【請求項 4】

前記第 1 の部分流路において、前記圧力室と接続された端部が前記圧力室との接続位置に向かって細くなっていると共に、前記吐出口と接続された端部が前記吐出口に向かって細くなっていることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載のインクジェットヘッド。

【請求項 5】

前記個別インク流路のうち前記共通インク室の出口から前記圧力室までの第 2 の部分流路のいずれかの領域において、前記第 2 の部分流路の長さ方向について垂直な断面の面積が、前記第 2 の部分流路と前記圧力室との境界面の面積及び前記共通インク室の出口の面積のいずれよりも小さいことを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載のインクジェットヘッド。

10

【請求項 6】

前記アクチュエータが、前記圧力室に対向する個別電極と、前記圧力室に対向する領域を有する圧電層と、前記圧電層の前記領域を前記個別電極と共に挟む共通電極とを有しており、

前記個別電極と前記共通電極との間の電圧がゼロであるときに前記アクチュエータ及び圧力室の一体的な変形に係る振動において前記アクチュエータ及び圧力室が平衡状態を取ることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載のインクジェットヘッド。

20

【請求項 7】

前記個別電極と前記共通電極との間の電圧がゼロでない第 1 の絶対値である場合に前記アクチュエータが前記第 1 の状態を取り、前記個別電極と前記共通電極との間の電圧が前記第 1 の絶対値より小さい第 2 の絶対値である場合に前記アクチュエータが前記第 2 の状態を取ることを特徴とする請求項 6 に記載のインクジェットヘッド。

【請求項 8】

前記個別電極及び前記共通電極との間に前記圧電層が 1 枚のみ挟まれていることを特徴とする請求項 6 又は 7 に記載のインクジェットヘッド。

【請求項 9】

前記圧力室及び前記個別電極の両方の形状が、

30

平面視において一方向に沿って長尺であり、且つ、前記一方向に平行ないずれの方向についても前記一方向に関する中心から先細りの形状を有していることを特徴とする請求項 6 ~ 8 のいずれか 1 項に記載のインクジェットヘッド。

【請求項 10】

前記第 1 の部分流路が、前記流路ユニットの厚み方向に関して前記共通インク室を跨いで延びていることを特徴とする請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載のインクジェットヘッド。

【請求項 11】

前記流路ユニットは、

一表面に開口した複数の前記圧力室と、内部に形成された前記共通インク室と、前記一表面に対向する裏面に形成された複数の前記吐出口とを有し、前記圧力室が、一端で前記第 1 の部分流路と連通し、他端で前記共通インク室と連通していることを特徴とする請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 項に記載のインクジェットヘッド。

40

【請求項 12】

前記アクチュエータは、

前記圧力室に対向して配置された個別電極と、電界の印加によって変形する圧電層と、前記個別電極との間に前記圧電層を挟む共通電極と、電界の印加によって自発的に変形しない層とが積層された積層体であって、前記自発的に変形しない層が前記流路ユニットの一表面に固定されて前記圧力室の開口を閉塞し、前記自発的に変形する圧電層に前記電界が印加されると、前記積層体がユニモルフ変形することを特徴とする請求項 1 ~ 11 のい

50

ずれか 1 項に記載のインクジェットヘッド。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、いわゆる引き打ち方式が採用されたインクジェットヘッドに関する。

【背景技術】

【0002】

インクジェット方式によってインクを吐出するインクジェットヘッドには、インクを吐出するノズル、各ノズルから吐出させるインクを供給する共通インク室及び共通インク室からノズルに至る個別のインク流路を有するものがある。このようなインクジェットヘッドにおいてインクを吐出させる場合には、個別インク流路の一部に形成された圧力室内の内部のインクに圧力を印加して共通インク室からのインクをノズルから吐出する。このとき、圧力室内に圧力が印加されることで発生する圧力波によって、個別インク流路において圧力波の固有振動が発生する。このような固有振動のピークを利用して効率的にインクを吐出するものとして、特許文献 1 に記載されているインクジェットヘッドがある。特許文献 1 においては、いったん圧力室内の容積を増加させ、所定時間の経過後に圧力室内の容積を元に戻すことによりインクに圧力を印加する、いわゆる引き打ち方式が採用されている。

10

【0003】

【特許文献 1】特開 2003 - 305852 号公報 (図 7)

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところが、特許文献 1 のような引き打ち方式が採用されたインクジェットヘッドにインクを吐出させると、個別インク流路の形状によっては、インク液滴の先端がちぎれて高速度なインク小滴が発生する場合がある。つまり、個別インク流路の形状によって、インク液滴が分離して本来のインク液滴と異なるタイミングで印刷用紙に着弾する場合がある。このような場合には、インクジェットヘッドによって印刷用紙に形成される画像の再現性が悪化するという問題が生じる。

【0005】

30

本発明の目的は、インク液滴の先端がちぎれにくく、良好な画像再現性を有するインクジェットヘッドを提供することにある。

【課題を解決するための手段及び発明の効果】

【0006】

本発明の発明者は上記の課題を解決するため以下のように考察した。上記の課題を生じるとようなインクジェットヘッドの一例として以下のものがある。このインクジェットヘッドには、インクに圧力を印加するアクチュエータには後述の圧電アクチュエータが用いられている。なお、本発明が解決しようとする課題は主にインク流路の構造によって生じるものであり、アクチュエータの種類等には特に依存しないものと解される。

【0007】

40

図 5 に示されている圧電アクチュエータ 50 は個別電極 35 及び共通電極 34 を有しており、共通電極 34 の電位は常にグランドに保持されている。そして、個別電極 35 がグランド電位以外の電位になると、圧電歪みによって圧電アクチュエータ 50 が変形し、圧力室 10 の容積が変化する (図 4、図 8 参照)。このような圧力室 10 の容積変化で生じた圧力波がノズルに達し、ノズルに形成されているインクのメニスカスを変形させると共に、メニスカスを形成しているインクの一部がインク液滴として吐出されることになる。吐出された分のインクは圧力室 10 の上流に接続されたインク流路 (例えば副マニホールド流路 5a) から補充され、次の吐出に供される。本インクジェットヘッドにおいては、個別電極 35 に所定の電圧パルス信号を供給し圧電アクチュエータ 50 を変形させて引き打ちを行うことによりインクが吐出される。

50

【 0 0 0 8 】

インクを吐出させるために個別電極 3 5 に供給される電圧パルス信号の波形は、個別電極 3 5 の電位が所定の期間に所定の電位となるように設定される。図 7 は、このような電圧パルス信号が供給された際の個別電極 3 5 における電位の変化を示している。図 7 に示されているように、時刻 t_1 までの期間及び時刻 t_4 からの期間において個別電極 3 5 の電位はグランド電位でない U_0 である。時刻 $t_2 \sim t_3$ の期間において個別電極 3 5 の電位はグランド電位である。時刻 $t_1 \sim t_2$ の期間及び時刻 $t_3 \sim t_4$ の期間においては、個別電極 3 5 の電位はグランド電位と U_0 との間で過渡的に変化する。また、時刻 $t_1 \sim t_2$ の期間及び時刻 $t_3 \sim t_4$ の期間の長さは共に T_v に調節され、時刻 $t_1 \sim t_3$ の期間はパルス幅 T_o に調節されている。

10

【 0 0 0 9 】

図 9 (a) は、上記のような条件で $T_o = A L$ (Acoustic length ; 後述) に調節された電圧パルスに対してインクジェットヘッドからインクが吐出された際に、ノズルから吐出されたあるインク液滴の様子を示している。画像データに基づいて形成される印刷画像の再現性を確保するためには、画像データに対応する適切な位置に適切な量のインク液滴を着弾させる必要がある。そのためには、全てのノズルにおいて 1 回のインク吐出ごとに所望の吐出速さを有する所望の数のインク液滴が吐出されることが理想的である。本インクジェットヘッドにおいては、図 9 (a) に示されているように、2 つのインク液滴 L_1 及び L_2 が 1 回の吐出において所定の速さで連続して吐出されることが理想的な条件である。

20

【 0 0 1 0 】

一方で、図 9 (b) 及び (c) は、同じ条件で吐出された別のインク液滴の様子を示している。図 9 (b) において、理想的な 2 つのインク液滴と異なるもう 1 つのインク液滴 L_4 が生じている。また、図 9 (c) においても 3 つのインク液滴 L_5 、 L_6 及び L_7 が生じている。このように全部で 3 つのインク液滴が生じるのは、本来の 2 つのインク液滴から一部のインク液滴がちぎれて分離することによる。このように理想的な 2 つのインク液滴とは異なるインク液滴が発生した場合には、画像データの各ドットと異なる位置に所望の体積と異なるインク液滴が着弾することになる。したがって、インクジェットヘッドによって形成される画像の再現性が低下する。

30

【 0 0 1 1 】

発明者は、このように所望の液滴からインク液滴が分離するのは以下のような原因によるものと考えた。

【 0 0 1 2 】

いわゆる引き打ち式を利用したインク吐出においては、圧力室 1 0 内のインクにまず負圧の圧力が印加される。これによって発生した負圧の圧力波がアパーチャ 1 2 で反射して正圧の圧力波となる。そして、このような正圧の圧力波が圧力室 1 0 に戻ってきたタイミングに合わせて圧力室 1 0 に正圧の圧力が印加される (図 4 参照)。このように、個別インク流路 3 2 に充填されたインクに発生する圧力波が重なり合うことにより、効率的にインク吐出がなされる。

40

【 0 0 1 3 】

一方で、圧電アクチュエータ 5 0 による圧力の印加によって、個別インク流路 3 2 のインクに進行波が発生するのみならず、個別インク流路 3 2 において一部の領域に局所的なインクの固有振動が発生する場合があると考えられる。本発明者は、このような局所的な固有振動によって上記のようなインク液滴の分離が生じるものと考えた。つまり、ノズル 8 において上記のような進行波のピークに局所的な固有振動によって生じた圧力波のピークが重なることにより、局所的な固有振動がない場合と比べてインクの吐出速さが高速化する。これによってインク液滴の先端が分離し、高速な小液滴が発生する。

【 0 0 1 4 】

上記のような現象のさらに詳しいメカニズムは以下のとおりである。インク吐出の際に、圧電アクチュエータ 5 0 の変形によって圧力室 1 0 内に充填されたインクに圧力波が発

50

生すると、この圧力波は圧力室 10 に関してその上流側と下流側とに伝播する。引き打ちにおいては、圧力室 10 の容積を一旦増加させ、その後でパルス幅 T_0 に相当する時間を置いて再びもとの容積に戻すことでノズルからインクが吐出される。まず、圧力室 10 の容積を増加させる際には圧力室 10 内のインクに負圧の圧力波（以下、第 1 の圧力波とする）が発生し、これに続けて容積を減少させる際には正圧の圧力波（以下、第 2 の圧力波とする）が発生する。

【0015】

これらの圧力波の一部は、上記のように下流側のディセンダ 33 へ伝播する。例えば、ディセンダ 33 へと伝播した第 1 の圧力波は、ディセンダ 33 の両端、つまり圧力室 10 とディセンダ 33 との境界及びノズル 8 付近で反射する。このような反射波によってディ

10

【0016】

一方で、第 1 の圧力波の一部は、圧力室 10 の上流側の副マニホールド流路 5a に向かって伝播する。そして、流路の途中のアーチャ 12 において反射し、圧力の正負が反転した圧力波となって圧力室 10 及びディセンダ 33 を伝播しノズル 8 へと向かう。つまり、第 1 の圧力波は、アーチャ 12 で反射する際に圧力が反転して正圧の圧力波（以下、第 3 の圧力波とする）となって、圧力室 10 に戻ってくる。そして、圧電アクチュエータ 50 によって圧力室 10 内のインクに第 2 の圧力波が発生する。第 2 の圧力波と第 3 の圧力波とが重なり合った合成波が進行波としてノズル 8 に到達した際に、ノズル 8 からイン

20

【0017】

さらに、第 2 及び第 3 の圧力波の一部は、第 1 の圧力波によって発生したディセンダ 33 の固有振動に重畳する。つまりディセンダ 33 の固有振動には、第 1、第 2 及び第 3 の各圧力波が寄与する。したがって、第 2 及び第 3 の圧力波が進行波としてノズル 8 に到達した時には、1) 当該進行波そのものによる寄与、2) 第 1 の圧力波によるディセンダ 33 の固有振動への寄与、及び、3) 第 2 及び第 3 の圧力波の一部によるディセンダ 33 の固有振動への寄与の全てが重畳した振動がノズル 8 において観測される。

【0018】

このようにノズル 8 において重畳した振動によって、ノズル 8 から吐出されるインクの吐出速さが大きくなり、インク液滴の先端がちぎれると考えられる。したがって、ディセンダ 33 に充填されたインクの固有振動が抑制されればノズル 8 における振動の重畳が発生せず、インクの吐出速さが大きくなることがない。

30

【0019】

一方で、ディセンダ 33 内のインクに励起される固有振動は、圧電アクチュエータ 50 が圧力室 10 内のインクに印加する圧力によって励起される。このため、圧電アクチュエータ 50 及び圧力室 10 が一体となって変形する際の振動における固有振動周期に応じてディセンダ 33 内に固有振動が励起されやすいか否かが変化するものと期待される。つまり、圧電アクチュエータ 50 と圧力室 10 とが一体的に振動する際の固有振動周期がディセンダ 33 の固有振動周期に近いようなインクジェットヘッドにおいてインクが吐出される際には、圧電アクチュエータ 50 及び圧力室 10 の一体的な変形によって生じる圧力波がディセンダ 33 の固有振動を励起（共振）させやすい。逆に、圧電アクチュエータ 50 及び圧力室 10 が一体的に振動する際の固有振動周期とディセンダ 33 の固有振動周期との違いが大きいと、圧電アクチュエータ 50 及び圧力室 10 の一体的な変形によって生じる圧力波がディセンダ 33 の固有振動を励起させにくい。

40

【0020】

<解析>

このことを確かめるため、発明者は下記のような数値解析を実施した。図 10 は本数値解析の内容を示す図である。

【0021】

50

本数値解析に当たっては、図 4 に示されているような個別インク流路 3 2、つまり、副マニホールド流路 5 a からのインクの流入口からノズル 8 に至る流路を音響的に等価変換した回路に見立てた上で、このような等価回路について音響解析を行った。図 1 0 (a) はこのような等価回路を示している。

【 0 0 2 2 】

なお、以下の等価回路は図 4、図 5 等 に示されているインク流路やアクチュエータに相当するものである。したがって、下記の説明に当たって図 4、図 5 等 に示されたディセンダ 3 3 や圧電アクチュエータ 5 0 等の語句が使用されている。しかし、例えば図 5 に示されているアクチュエータに係る情報として本数値解析に必要なものはコンプライアンスである。したがって、同様のコンプライアンスを有し、圧力室内のインクに圧力を印加するアクチュエータであれば本数値解析の結果も同様のものとなる。つまり、下記の数値解析によって得られた結果は、図 4、図 5 等 に示された流路ユニット 4 や圧電アクチュエータ 5 0 のみに適用されるものではなく、数値解析において用いられた条件を満たすあらゆるインクジェットヘッドに適用され得る。

【 0 0 2 3 】

個別インク流路 3 2 を構成するアパーチャ 1 2、圧電アクチュエータ 5 0 及び圧力室 1 0 は、図 1 0 (a) の回路においてコイル 2 1 2 a 及び抵抗 2 1 2 b、コンデンサー 2 5 0 並びにコンデンサー 2 1 0 に相当する。一方で、ディセンダ 3 3 及びノズル 8 はこの回路において流体解析部 2 3 3 に相当する。流体解析部 2 3 3 は回路中の単なるコンデンサーや抵抗等とはみなされず、別途後述の流体解析によって数値解析される。

【 0 0 2 4 】

本数値解析における音響解析では、後述の実施形態で説明されている圧電アクチュエータ 5 0 の厚さ、圧力室 1 0 の面積と積層方向に関する深さ、アパーチャ 1 2 の幅、長さ、積層方向に関する深さ等が用いられている。また、圧電アクチュエータ 5 0 のコンプライアンス（音響容量：等価回路中のコンデンサー 2 5 0 の容量）や発生圧力定数は、上記の圧電アクチュエータ 5 0 等の諸元から、有限要素法によってあらかじめ求められている。さらに、圧電定数は圧電素子のインピーダンスを測定する共振法を用いて求められている。

【 0 0 2 5 】

上記のとおり流体解析部 2 3 3 はディセンダ 3 3 に相当する。図 1 0 (b) は流体解析部 2 3 3 における流体解析で用いられるディセンダ 3 3 の全体の構成を示している（図 4 参照）。図 1 0 (c) はディセンダ 3 3 のうちのノズルプレート 3 0 に形成された部分の構成を示している。図 1 0 (b) の向かって左端部が圧力室 1 0 に連通する部分である。

【 0 0 2 6 】

本流体解析では、ディセンダ 3 3 の内径と長さ、及び振動板（圧電アクチュエータ 5 0）の厚みのそれぞれが異なる 6 つのインクジェットヘッドが想定されている。これらのインクジェットヘッド a ~ f において、ディセンダ 3 3 の各部の内径 D 1 及び D 2 並びに長さ L 1、L 2 及び L 3 は表 1 及び表 2 のとおりである。内径 D 1 はディセンダ 3 3 のノズルプレート 3 0 以外に形成された部分の径に相当し、内径 D 2 はノズル 8 の径に相当する。本数値解析においては、図 1 0 (b) に示されているように、ディセンダ 3 3 のノズルプレート 3 0 以外に形成された部分の径はどの位置においても同じである。また、ノズルプレート 3 0 に形成された部分は、図 1 0 (c) に示されているように、ノズル 8 へ向かって先細りのテーパ構造を有しており、ノズル 8 付近において長さ L 3 の部分の内径はどの位置においても同じで D 2 である。テーパ構造を有する部分の内表面とノズル 8 付近の内表面とのなす角度は、表 1 に示されているように図 1 0 (c) の断面において 8 度である。

【 0 0 2 7 】

また、インクジェットヘッド a ~ f においてそれぞれの振動板の厚みは表 1 に示されている。なお、振動板とは図 5 において圧電層 4 2 ~ 4 4 に該当する。そして、このような振動板の厚みから求められる、圧電アクチュエータ 5 0 及び圧力室 1 0 の一体的な振動に

おける固有振動周期 T_s (単位: μsec) は表 1 に示されているとおりである。さらに、各インクジェットヘッドにおいて、 L_1 の長さが 200、400、600、800、1000 μm (マイクロメートル; $1\mu\text{m} = 10^{-6}$ メートル) の場合の解析が行われた。表 3 は、各 L_1 に対するディセンダ 33 に充填されているインクの固有振動周期 T_d (単位: μsec) を示している。

【0028】

また、インクジェットヘッド a ~ f のそれぞれは、表 1 に示される駆動電圧でインク吐出が行われるものとされた。ここで、駆動電圧とは、圧電アクチュエータ 50 の個別電極 35 に供給される電圧パルスの電圧の高低差に相当する。つまり、駆動電圧は、個別電極 35 と共通電極 34 との電位差が最大となるときの電位差 U_0 を示している (図 7 参照)

10

【0029】

【表 1】

	振動板厚み [μm]	T_s [μsec]	L_1 [μm]	駆動電圧 [V]
ヘッド a	60	0.774	200, 400, 600, 800, 1000	26.7
ヘッド b	55	0.940		23.5
ヘッド c	50	1.10		21.4
ヘッド d	45	1.31		20.3
ヘッド e	40	1.56		19.2
ヘッド f	35	1.96		17.9

20

【0030】

【表 2】

D1	D2	L2	L3	θ
220 μm	20 μm	50 μm	10 μm	8deg

30

【0031】

【表 3】

L_1	200 μm	400 μm	600 μm	800 μm	1000 μm
T_d [μsec]	0.520	1.04	1.44	1.89	2.20

40

【0032】

表 4 は、各インクジェットヘッド及び各 L_1 に対する T_s / T_d を示している。表 5 は、各インクジェットヘッドにおける各 L_1 に対する個別インク流路 32 に充填されたインク全体の固有振動周期 T_c を示している。

【0033】

【表 4】

	L1=200 μ m	400 μ m	600 μ m	800 μ m	1000 μ m
ヘッド a	1.49	0.74	0.54	0.41	0.35
ヘッド b	1.81	0.90	0.65	0.50	0.43
ヘッド c	2.11	1.05	0.76	0.58	0.50
ヘッド d	2.52	1.26	0.91	0.69	0.60
ヘッド e	3.00	1.50	1.09	0.83	0.71
ヘッド f	3.67	1.84	1.33	1.01	0.87

10

【 0 0 3 4 】

【表 5】

	L1=200 μ m	400 μ m	600 μ m	800 μ m	1000 μ m
ヘッド a	12.6	12.8	13.0	13.2	13.5
ヘッド b	12.9	13.1	13.3	13.5	13.7
ヘッド c	13.3	13.5	13.7	13.9	14.1
ヘッド d	13.9	14.1	14.3	14.5	14.7
ヘッド e	14.6	14.8	15.0	15.2	15.4
ヘッド f	15.5	15.7	15.9	16.1	16.3

20

【 0 0 3 5 】

30

流体解析部 2 3 3 における流体解析は、上記のようなディセンダ 3 3 の構成を用い、擬似圧縮性により定式化された流体解析である擬似圧縮法（擬似的に密度の時間変化を表す項を加えた連続の式に、Navier-Stokes方程式を連立させて速度と圧力とを求める方法）によって行われた。

【 0 0 3 6 】

さらに、圧力室 1 0 のコンプライアンス（音響容量 C：等価回路中のコンデンサ 2 1 0 の容量）は関係式 $C = W / E v$ によって求められた。ここで、W は圧力室 1 0 の容積、E v はインクの体積弾性率である。

【 0 0 3 7 】

また、アパーチャ 1 2 におけるイナータンス（等価回路中のコイル 2 1 2 a のインダクタンス）は関係式 $m = \rho * l / A$ によって求められた。ここで、 ρ はインクの密度、A はアパーチャ 1 2 におけるアパーチャの延在方向（図 4 の左右方向）に垂直な断面の面積であり、l は図 4 に向かって左右方向に関するアパーチャ 1 2 の長さである。

40

【 0 0 3 8 】

さらに、アパーチャ 1 2 の流路抵抗（抵抗 2 1 2 b の抵抗値 R）は、以下のように求められた。後述の実施形態においては、アパーチャ 1 2 は、アパーチャの延在方向（図 4 の左右方向）に垂直な断面について各辺の長さが 2 a 及び 2 b である長方形の形状を有している。この場合には、アパーチャを流れるインクの量は下記の数式 1 を用いて表される。そして、アパーチャ 1 2 に加えられる圧力 Δp （圧力波の強度）とアパーチャ 1 2 を流れるインクの量 Q との関係は $Q = \Delta p / R$ と表される。これと数式 1 とにより抵抗値 R が算

50

出される。なお、1 は上記の通り、アパーチャ 1 2 の長さである。

【 0 0 3 9 】

[式 1]

$$Q = \frac{4ab^3\Delta p}{3\mu l} \left[1 - \frac{192b}{\pi^5 a} \sum_{n=1,3,\dots}^{\infty} \frac{1}{n^5} \tanh\left(\frac{n\pi a}{2b}\right) \right]$$

【 0 0 4 0 】

10

また、流体解析部 2 3 3 における流体解析では、流体解析部 2 3 3 を通過するインクの体積速度が求められる。さらに、圧電アクチュエータ 5 0 において個別電極 3 5 と共通電極 3 4 との間に加えられる電圧に相当する条件として、電圧の大きさに対応する圧力 P が回路中の圧力源 2 9 9 によって加えられるものとする。これらの条件下で、圧力 P、音響容量、イナータンス及び抵抗値、並びに、別途数値解析された流体解析部における解析結果に基づいて、回路を流れるインクの体積速度が数値解析によって求められた。表 6 は数値解析の結果である。

【 0 0 4 1 】

【 表 6 】

20

	Ts/Td	1 滴目の 速度 [m/sec]	2 滴目の 速度 [m/sec]	3 滴目の 速度 [m/sec]		Ts/Td	1 滴目の 速度 [m/sec]	2 滴目の 速度 [m/sec]	3 滴目の 速度 [m/sec]
ヘッド a	1.49	8.7	5.6	—	ヘッド d	2.52	—	—	—
	0.74	8.5	5.7	—		1.26	7.8	5.7	—
	0.54	7.6	5.4	—		0.91	10.2	6.2	3.7
	0.41	7.4	5.2	—		0.69	7.2	5.3	—
	0.35	7.2	4.4	3.1		0.60	7.3	5.4	—
ヘッド b	1.81	7.8	5.7	4.4	ヘッド e	3.00	—	—	—
	0.90	8.2	5.4	—		1.50	7.6	5.8	—
	0.65	7.6	5.5	—		1.09	10.4	6.6	4.1
	0.50	7.4	5.7	3.6		0.83	7.8	6.1	—
	0.43	7.7	5.6	—		0.71	6.9	5.0	—
ヘッド c	2.11	9.2	6.9	4.3	ヘッド f	3.67	—	—	—
	1.05	10.7	5.7	3.8		1.84	7.4	4.3	2.4
	0.76	7.5	5.7	—		1.33	7.9	5.8	—
	0.58	7.4	6.4	4.8		1.01	12.5	6.6	3.9
	0.50	7.2	5.4	3.2		0.87	6.4	5.0	—

30

40

50

【 0 0 4 2 】

表 6 には、表 4 に示される各 T_s / T_d に相当するインクジェットヘッドにおいて吐出されたインクの吐出速さ（単位： m / sec ）が示されている。表 6 に示されているように、 T_s / T_d の値によって 2 滴のインク液滴が吐出される場合と 3 滴のインク液滴が吐出される場合との 2 つの異なる結果が生じている。

【 0 0 4 3 】

図 1 1 は、表 6 の結果を示すグラフである。図 1 1 の横軸は T_s / T_d を示し、縦軸はインク液滴の吐出速さ（単位： m / sec ）を示している。図 1 1 のグラフにプロットされている点 8 1、8 2 及び 8 3 のそれぞれは、1 滴目、2 滴目及び 3 滴目のインク液滴に相当する。

10

【 0 0 4 4 】

図 1 1 の点 8 1 a に示されているように、 T_s / T_d が 0.90 から 1.1 までの範囲においては全部で 3 滴のインク液滴が発生しており、他のいずれの範囲と比べても 1 滴目の吐出速さがかなり大きい。つまり、点 8 1 a は、図 9 (b) に示されている、本来のインク液滴の先端がちぎれて生じた高速なインク液滴を示している。

【 0 0 4 5 】

上記の解析から、本発明のインクジェットヘッドは以下のように構成された。まず、本発明は、共通インク室、及び、前記共通インク室の出口から圧力室を経てインクの吐出口に至る個別インク流路を有する流路ユニットを有している。また、前記圧力室の容積を V_1 とする第 1 の状態と前記圧力室の容積を V_1 より大きい V_2 とする第 2 の状態とを選択的に取ることができ、前記第 1 の状態から前記第 2 の状態を経て前記第 1 の状態に戻る際に前記吐出口からインクを吐出させるアクチュエータを有している。そして、本発明のインクジェットヘッドは、 T_s と T_d が互いに近く、 $0.36 \leq T_s / T_d \leq 0.90$ 又は $1.1 \leq T_s / T_d \leq 1.7$ を満たすように構成されている。ここで、 T_s は、前記アクチュエータ及び圧力室の一体的な変形によって前記吐出口からインクを吐出させる際に、前記一体的な変形に伴って発生する前記一体的な振動における固有振動周期である。また、 T_d は、前記個別インク流路のうち前記圧力室の出口から前記吐出口までの第 1 の部分流路に充填されたインクの固有振動周期である。

20

【 0 0 4 6 】

アクチュエータ及び圧力室の一体的な変形に係る振動とは、以下のようなものである。アクチュエータが駆動されることにより、アクチュエータと圧力室とは一体的に変形する。このとき、アクチュエータの状態が第 1 の状態と第 2 の状態との間をステップ的に短時間で変化すると、アクチュエータ及び圧力室の弾性により、アクチュエータ及び圧力室は一体的に振動しながら減衰していく。

30

【 0 0 4 7 】

そして、このような振動における平衡状態は、振動の減衰が完了してアクチュエータ及び圧力室が変形していない状態、つまり、アクチュエータが変形していない状態に相当する。例えば、図 5 に示されているような圧電アクチュエータ 5 0 の場合には、振動における平衡状態とは、個別電極 3 5 と共通電極 3 4 との間の電位差がゼロの状態（図 8 (b) の状態）に相当する。上記の間の電位差がゼロのときに圧電アクチュエータ 5 0 には圧電歪が生じず、圧電アクチュエータ 5 0 が変形しないからである。

40

【 0 0 4 8 】

圧力室内のインクには、アクチュエータが第 1 の状態と第 2 の状態との間で変化することによって圧力が印加される。そして、インク吐出の際には上記のようなアクチュエータ及び圧力室の一体的な振動が発生する。このため、圧力室内のインクに印加される圧力は、アクチュエータ及び圧力室の一体的な振動における固有振動から強い影響を受ける。また、第 1 の部分流路内のインクの固有振動は圧力室内のインクに発生した圧力波によって励起される。このため、第 1 の部分流路内のインクの固有振動も、アクチュエータ及び圧力室の一体的な振動における固有振動から強い影響を受けることになる。つまり、アクチュエータ及び圧力室の一体的な振動における固有振動周期 T_s が第 1 の部分流路内のイン

50

クの固有振動周期 T_d に近いものであれば、第 1 の部分流路内のインクの固有振動が発生しやすくなり、ノズルから吐出されるインク液滴がちぎれて分離する原因が生じやすい。

【0049】

本発明のインクジェットヘッドによると、上記の解析に基づいて、本来のインク液滴の先端がちぎれて生じた高速なインク液滴を示す点 81a を含む範囲が除かれた範囲 71 ($0.36 T_s / T_d \sim 0.90$) 又は範囲 72 ($1.1 T_s / T_d \sim 1.7$) の範囲内に T_s / T_d が調節されている。したがって、インクジェットヘッドによって形成された画像の再現性が向上する。

【0050】

なお、範囲 71 の下限値を下回る場合には、第 1 の部分流路内のインクの固有振動における 3 次以上のモードが問題となる。しかし、第 1 の部分流路の固有振動における 3 次以上のモードが問題となるのは、アクチュエータのコンプライアンスが著しく低い場合かディセンダが著しく長い場合である。このように範囲 71 を下回ると加圧効率が悪化し、設計上好ましくない。また、図 11 の点 83c が示しているように範囲 71 を下回ると、第 1 の部分流路内のインクの固有振動における 3 次以上のモードによって発生したと考えられる 3 滴目のインク液滴が発生する。したがって、このような範囲が本発明の範囲から除かれている。

10

【0051】

また、アクチュエータ及び圧力室の一体的な振動における固有振動周期が第 1 の部分流路の固有振動周期の 1.7 倍を上回ると、第 1 の部分流路の容積が十分に確保されず、第 1 の部分流路内の振動がメニスカスに影響しやすい。一方で、アクチュエータ及び圧力室の一体的な振動における固有振動周期が第 1 の部分流路の固有振動周期の 1.7 倍を下回る場合には、第 1 の部分流路内で振動が減衰することによって、振動がメニスカスに直接影響するのが防止される。このため、本発明の範囲は、アクチュエータ及び圧力室の一体的な振動における固有振動周期が第 1 の部分流路の固有振動周期の 1.7 倍を下回る範囲とされている。

20

【0052】

なお、本発明においては、 T_s / T_d が $0.36 T_s / T_d \sim 0.90$ 又は $1.26 T_s / T_d \sim 1.5$ (図 11 の範囲 75) を満たすように構成されていることが好ましい。この構成によると、図 11 に示されているように、より確実に 2 滴のインク液滴が吐出される範囲に限定される。

30

【0053】

また、本発明のインクジェットヘッドにおいては、 $0.36 T_s / T_d \sim 0.48$ 、 $0.60 T_s / T_d \sim 0.90$ 又は $1.1 T_s / T_d \sim 1.7$ を満たすように構成されていることが好ましい。図 11 の点 83b は、範囲 73 ($0.36 T_s / T_d \sim 0.48$) と範囲 74 ($0.60 T_s / T_d \sim 0.90$) とに挟まれた範囲において本来のインク液滴から分離したインク液滴が生じていることを示している。つまり、範囲 73 と範囲 74 とに挟まれた範囲においては、図 9 (c) に示される全部で 3 滴のインク液滴が吐出される。 T_s / T_d が上記の範囲内に調節されていることにより、このような 3 滴のインク液滴が吐出されるのが防止される。したがって、インクジェットヘッドによって形成された画像の再現性が向上する。

40

【0054】

ところで、インクジェットヘッドから吐出されるインクが分離せず、画像の再現性が良好になるようなインクジェットヘッドであっても、第 1 の部分流路の設計上インク吐出に必要なエネルギーの効率が悪くなる場合がある。例えば、個別インク流路のインク全体における固有振動周期 T_c に対して第 1 の部分流路内のインクの固有振動周期 T_d が小さいほど、第 1 の部分流路内を圧力波が伝播することによるエネルギーのロスが小さい。一方で、アクチュエータ及び圧力室の一体的な振動における固有振動周期 T_s が T_c に対して小さいほどアクチュエータの剛性がエネルギーの効率の面で効果的になる。

【0055】

50

以上の考察から、本発明者は、 $(T_d / T_c) * (T_s / T_c)$ に応じてインクの吐出速さがどのように変化するかという観点で表 6 の結果をまとめ直した。表 8 は、上記の観点で表 6 がまとめ直された結果である。なお、表 7 は各インクジェットヘッドにおける各 $L1$ に対する $T_d * T_s / (T_c^2)$ を示している。表 7 の数値は、表 1、表 3 及び表 5 から求められている。

【 0 0 5 6 】

表 8 においては、表 6 の T_s / T_d に該当する $T_d * T_s / (T_c^2)$ のそれぞれについて、1 滴目及び 2 滴目のインク液滴の吐出速さがまとめられている。また、表 8 においては、1 滴目の吐出速さと 2 滴目の吐出速さとの差が示されている。なお、表 8 において、全部で 3 滴のインク液滴が吐出されるようなデータは除かれている。

10

【 0 0 5 7 】

【表 7】

	$L1=200\ \mu\text{m}$	$400\ \mu\text{m}$	$600\ \mu\text{m}$	$800\ \mu\text{m}$	$1000\ \mu\text{m}$
ヘッド a	0.0025	0.0049	0.0066	0.0084	0.0093
ヘッド b	0.0029	0.0057	0.0077	0.0097	0.0110
ヘッド c	0.0032	0.0063	0.0084	0.0108	0.0122
ヘッド d	0.0035	0.0069	0.0092	0.0118	0.0133
ヘッド e	0.0038	0.0074	0.0100	0.0128	0.0145
ヘッド f	0.0042	0.0083	0.0112	0.0143	0.0162

20

【 0 0 5 8 】

【表 8】

	$\frac{Td * Ts}{Tc^2}$	1 滴目	2 滴目	速さの 差		$\frac{Td * Ts}{Tc^2}$	1 滴目	2 滴目	速さの 差
ヘッド a	0.0025	8.7	5.6	3.1	ヘッド d	—	—	—	—
	0.0049	8.5	5.7	2.8		0.0068	7.8	5.7	2.1
	0.0066	7.6	5.4	2.2		—	—	—	—
	0.0084	7.4	5.2	2.2		0.0118	7.5	5.3	2.2
	—	—	—	—		0.0133	7.3	5.4	1.9
ヘッド b	—	—	—	—	ヘッド e	—	—	—	—
	0.0057	8.2	5.4	2.8		0.0128	7.6	5.8	1.8
	0.0077	7.6	5.5	2.1		—	—	—	—
	—	—	—	—		0.0145	7.8	6.1	1.7
	0.0110	7.7	5.9	1.8		0.0157	6.9	5.0	1.9
ヘッド c	—	—	—	—	ヘッド f	—	—	—	—
	—	—	—	—		—	—	—	—
	0.0084	7.5	5.7	1.8		0.0112	7.9	5.8	2.1
	—	—	—	—		—	—	—	—
	—	—	—	—		0.0162	6.4	5.0	1.4

【 0 0 5 9 】

図 1 2 は、表 8 の結果を示すグラフである。図 1 2 において横軸は $Td * Ts / (Tc^2)$ を示し、縦軸は 1 滴目及び 2 滴目のインク液滴の吐出速さ、又は、これらの吐出速さの差を示している。図 1 2 のグラフにプロットされた点 8 4、8 5 及び 8 6 のそれぞれは、1 滴目の吐出速さ、2 滴目の吐出速さ及びこれらの差に相当する。

【 0 0 6 0 】

図 1 2 において、線分 8 4 a は範囲 7 7 に含まれる点 8 4 が示す吐出速さの平均値を表している。線分 8 4 a 及び点 8 4 が示しているように、範囲 7 7 においては 1 滴目の吐出速さはほぼ一定である。一方で、範囲 7 7 の上限値である $Td * Ts / (Tc^2) = 0.014$ を上回る範囲においては、線分 8 4 b が示しているように、急激に 1 滴目の吐出速さが低下している。したがって、 $Td * Ts / (Tc^2) > 0.014$ となる範囲においては、投入されたエネルギーに対してインク吐出に消費されるエネルギーの効率が悪い。

【 0 0 6 1 】

また、範囲 7 7 の下限値である $Td * Ts / (Tc^2) = 0.006$ を下回る範囲においては、点 8 6 a が示しているように、その他の範囲と比べて 1 滴目と 2 滴目との吐出速さの差がかなり大きい。つまり、2 滴目のインク液滴に比べて 1 滴目のインク液滴の吐出速さが大きすぎるため、インクが印刷用紙に着弾するタイミングがずれ、印刷用紙に形成される画像の品質が低下する。

【 0 0 6 2 】

以上の解析によると、本発明は、さらに $0.0060 \cdot T_s \cdot T_d / T_c^2 \cdot 0.014$ を満たすように構成されていることが好ましい。なお、 T_c は、前記個別インク流路の全体に充填されたインクの固有振動周期である。この構成によると、上記の解析から、インク吐出に必要なエネルギーの効率が良くなると共に、インクが印刷用紙に着弾するタイミングがずれるのが防止され、印刷用紙に形成される画像の品質が向上する。

【0063】

また、本発明は、前記第1の部分流路において、前記圧力室と接続された端部が前記圧力室との接続位置に向かって細くなっていると共に、前記吐出口と接続された端部が前記吐出口に向かって細くなっている。第1の部分流路において両端部が細くなっている場合には、第1の部分流路内に局所的な固有振動が発生しやすくなる。したがって、このような場合に本発明が適用されると、そもそも固有振動が発生しにくい構造を有するインクジェットヘッドに適用される場合と比べて効果が大きい。

10

【0064】

また、本発明は、前記個別インク流路のうち前記共通インク室の出口から前記圧力室までの第2の部分流路のいずれかの領域において、前記第2の部分流路の長さ方向について垂直な断面の面積が、前記第2の部分流路と前記圧力室との境界面の面積及び前記共通インク室の出口の面積のいずれよりも小さい場合に適用されてもよい。第2の部分流路において圧力室との境界の近傍及び共通インク室の近傍より、第2の部分流路の長さ方向について中央の近傍が狭くなっていることにより、第2の部分流路のいずれかの位置を一方の反射端とする固有振動が生じやすくなる。したがって、引き打ちによるインク吐出に適した構造を有するインクジェットヘッドが実現する。

20

【0065】

また、本発明は、前記アクチュエータが、前記圧力室に対向する個別電極と、前記圧力室に対向する領域を有する圧電層と、前記圧電層の前記領域を前記個別電極と共に挟む共通電極とを有している場合に適用されてもよい。上記の数値解析の結果は、特にアクチュエータの方式に限定されるものではない。したがって、本発明は図5に示されているような圧電アクチュエータに適用されてもよいし、他の方式のアクチュエータに適用されてもよい。本発明がこのような圧電アクチュエータに適用される場合には、前記個別電極と前記共通電極との間の電圧がゼロであるときに前記アクチュエータ及び圧力室の一体的な変形に係る振動において前記アクチュエータ及び圧力室が平衡状態を取ることになる。

30

【0066】

また、本発明が圧電アクチュエータに適用される場合には、前記個別電極と前記共通電極との間の電圧がゼロでない第1の絶対値である場合に前記アクチュエータが前記第1の状態を取り、前記個別電極と前記共通電極との間の電圧が前記第1の絶対値より小さい第2の絶対値である場合に前記アクチュエータが前記第2の状態を取ることになる。

【0067】

また、本発明は、前記個別電極及び前記共通電極との間に前記圧電層が1枚のみ挟まれている場合に適用されてもよい。引き打ちによるインク吐出におけるいわゆるユニモルフ方式のインクジェットヘッドが実現する。

【0068】

40

また、本発明は、前記圧力室及び前記個別電極の両方の形状が、平面視において一方向に沿って長尺であり、且つ、前記一方向に平行ないずれの方向についても前記一方向に関する中心から先細りの形状を有している場合に適用されてもよい。圧力室及び個別電極が上記の一方向に平行ないずれの方向についても先細りの形状を有していることにより、多数の圧力室及び個別電極を平面上に密に配列することが可能である。したがって、解像度の大きいインクジェットヘッドが実現する。また、前記第1の部分流路が、前記流路ユニットの厚み方向に関して前記共通インク室を跨いで延びていてもよい。また、前記流路ユニットは、一表面に開口した複数の前記圧力室と、内部に形成された前記共通インク室と、前記一表面に対向する裏面に形成された複数の前記吐出口とを有し、前記圧力室が、一端で前記第1の部分流路と連通し、他端で前記共通インク室と連通していてもよい。また

50

、前記アクチュエータは、前記圧力室に対向して配置された個別電極と、電界の印加によって変形する圧電層と、前記個別電極との間に前記圧電層を挟む共通電極と、電界の印加によって自発的に変形しない層とが積層された積層体であって、前記自発的に変形しない層が前記流路ユニットの一表面に固定されて前記圧力室の開口を閉塞し、前記自発的に変形する圧電層に前記電界が印加されると、前記積層体がユニモルフ変形してもよい。

【発明を実施するための最良の形態】

【0069】

以下は、本発明の好適な実施の形態である。

【0070】

<プリンタ概略>

図1は、本発明の一実施形態によるカラーインクジェットプリンタの概略構成図である。このカラーインクジェットプリンタ1（以下、プリンタ1とする）は、4つのインクジェットヘッド2を有している。これらのインクジェットヘッド2は、印刷用紙Pの搬送方向に沿って並べられ、プリンタ1に固定されている。インクジェットヘッド2は、図1の手前から奥へ向かう方向に細長い形状を有している。

【0071】

プリンタ1には、印刷用紙Pの搬送経路に沿って、給紙ユニット114、搬送ユニット120及び紙受け部116が順に設けられている。また、プリンタ1には、インクジェットヘッド2や給紙ユニット114などのプリンタ1の各部における動作を制御するための制御部100が設けられている。

【0072】

給紙ユニット114は、複数枚の印刷用紙Pを収容することができる用紙収容ケース115と、給紙ローラ145とを有している。給紙ローラ145は、用紙収容ケース115に積層して収容された印刷用紙Pのうち、最も上にある印刷用紙Pを1枚ずつ送り出すことができる。

【0073】

給紙ユニット114と搬送ユニット120との間には、印刷用紙Pの搬送経路に沿って、二対の送りローラ118a及び118b、並びに、119a及び119bが配置されている。給紙ユニット114から送り出された印刷用紙Pは、これらの送りローラによってガイドされて、さらに搬送ユニット120へと送り出される。

【0074】

搬送ユニット120は、エンドレスの搬送ベルト111と2つのベルトローラ106及び107を有している。搬送ベルト111は、ベルトローラ106及び107に巻き掛けられている。搬送ベルト111は、2つのベルトローラに巻き掛けられたとき所定の張力で張られるような長さに調整されている。これによって、搬送ベルト111は、2つのベルトローラの共通接線をそれぞれ含む互いに平行な2つの平面に沿って、弛むことなく張られている。これら2つの平面のうち、インクジェットヘッド2に近い方の平面が、印刷用紙Pを搬送する搬送面127である。

【0075】

ベルトローラ106には、図1に示されるように、搬送モータ174が接続されている。搬送モータ174は、ベルトローラ106を矢印Aの方向に回転させることができる。また、ベルトローラ107は、搬送ベルト111に連動して回転することができる。従って、搬送モータ174を駆動してベルトローラ106を回転させることにより、搬送ベルト111は、矢印Aの方向に沿って移動する。

【0076】

ベルトローラ107の近傍には、ニップローラ138とニップ受けローラ139とが、搬送ベルト111を挟むように配置されている。ニップローラ138は、図示しないバネによって下方に付勢されている。ニップローラ138の下方のニップ受けローラ139は、下方に付勢されたニップローラ138を、搬送ベルト111を介して受け止めている。2つのニップローラは回転可能に設置されており、搬送ベルト111に連動して回転する

10

20

30

40

50

。

【 0 0 7 7 】

給紙ユニット 1 1 4 から搬送ユニット 1 2 0 へと送り出された印刷用紙 P は、ニップローラ 1 3 8 と搬送ベルト 1 1 1 との間に挟み込まれる。これによって、印刷用紙 P は、搬送ベルト 1 1 1 の搬送面 1 2 7 に押し付けられ、搬送面 1 2 7 上に固着する。そして、印刷用紙 P は、搬送ベルト 1 1 1 の回転に従って、インクジェットヘッド 2 が設置されている方向へと搬送される。なお、搬送ベルト 1 1 1 の外周面 1 1 3 に粘着性のシリコンゴムによる処理を施してもよい。これにより、印刷用紙 P を搬送面 1 2 7 に確実に固着させることができる。

【 0 0 7 8 】

10

4 つのインクジェットヘッド 2 は、搬送ベルト 1 1 1 による搬送方向に沿って互いに近接して配置されている。各インクジェットヘッド 2 は、下端にヘッド本体 1 3 を有している。ヘッド本体 1 3 の下面には、インクを吐出する多数のノズル 8 が設けられている（図 3 参照）。1 つのインクジェットヘッド 2 に設けられたノズル 8 からは、同じ色のインクが吐出されるようになっている。各インクジェットヘッド 2 から吐出されるインクの色は、それぞれ、マゼンタ（M）、イエロー（Y）、シアン（C）及びブラック（K）である。各インクジェットヘッド 2 は、ヘッド本体 1 3 の下面と搬送ベルト 1 1 1 の搬送面 1 2 7 との間にわずかな隙間をおいて配置されている。

【 0 0 7 9 】

搬送ベルト 1 1 1 によって搬送された印刷用紙 P は、インクジェットヘッド 2 と搬送ベルト 1 1 1 との間隙間を通過する。その際に、ヘッド本体 1 3 から印刷用紙 P の上面に向けてインクが吐出される。これによって、印刷用紙 P の上面には、制御部 1 0 0 によって記憶された画像データに基づくカラー画像が形成される。

20

【 0 0 8 0 】

搬送ユニット 1 2 0 と紙受け部 1 1 6 との間には、剥離プレート 1 4 0 と二対の送りローラ 1 2 1 a 及び 1 2 1 b 並びに 1 2 2 a 及び 1 2 2 b とが配置されている。カラー画像が印刷された印刷用紙 P は、搬送ベルト 1 1 1 によって剥離プレート 1 4 0 へと搬送される。このとき、印刷用紙 P は、剥離プレート 1 4 0 の右端によって、搬送面 1 2 7 から剥離される。そして、印刷用紙 P は、送りローラ 1 2 1 a ~ 1 2 2 b によって、紙受け部 1 1 6 に送り出される。このように、印刷済みの印刷用紙 P が順次紙受け部 1 1 6 に送られ、紙受け部 1 1 6 に重ねられる。

30

【 0 0 8 1 】

なお、印刷用紙 P の搬送方向について最も上流側にあるインクジェットヘッド 2 とニップローラ 1 3 8 との間には、紙面センサ 1 3 3 が設置されている。紙面センサ 1 3 3 は、発光素子及び受光素子によって構成され、搬送経路上の印刷用紙 P の先端位置を検出することができる。紙面センサ 1 3 3 による検出結果は制御部 1 0 0 に送られる。制御部 1 0 0 は、紙面センサ 1 3 3 から送られた検出結果により、印刷用紙 P の搬送と画像の印刷とが同期するように、インクジェットヘッド 2 や搬送モータ 1 7 4 等を制御することができる。

【 0 0 8 2 】

40

< ヘッド本体 >

ヘッド本体 1 3 について説明する。図 2 は、図 1 に示されたヘッド本体 1 3 の上面図である。

【 0 0 8 3 】

ヘッド本体 1 3 は、流路ユニット 4 と、流路ユニット 4 上に接着されたアクチュエータユニット 2 1 とを有している。アクチュエータユニット 2 1 は台形形状を有しており、その台形の 1 対の平行対向辺が流路ユニット 4 の長手方向に平行になるように流路ユニット 4 の上面に配置されている。また、流路ユニット 4 の長手方向に平行な 2 本の直線のそれぞれに沿って 2 つずつ、つまり合計 4 つのアクチュエータユニット 2 1 が、全体として千鳥状に流路ユニット 4 上に配列されている。流路ユニット 4 上で隣接し合うアクチュエー

50

タユニット 2 1 の斜辺同士は、流路ユニット 4 の幅方向について部分的にオーバーラップしている。

【 0 0 8 4 】

流路ユニット 4 の内部にはインク流路の一部であるマニホールド流路 5 が形成されている。流路ユニット 4 の上面にはマニホールド流路 5 の開口 5 b が形成されている。開口 5 b は、流路ユニット 4 の長手方向に平行な 2 本の直線（仮想線）のそれぞれに沿って 5 個ずつ、合計 10 個形成されている。開口 5 b は、4 つのアクチュエータユニット 2 1 が配置された領域を避ける位置に形成されている。マニホールド流路 5 には開口 5 b を通じて図示されていないインクタンクからインクが供給されるようになっている。

【 0 0 8 5 】

図 3 は、図 2 の一点鎖線で囲まれた領域の拡大上面図である。なお、説明の都合上、図 3 にはアクチュエータユニット 2 1 が二点鎖線で示されている。また、本来破線で示されるべき流路ユニット 4 の内部や下面に形成されているアパーチャ 1 2 やノズル 8 などが実線で示されている。

【 0 0 8 6 】

流路ユニット 4 内に形成されたマニホールド流路 5 からは、複数本の副マニホールド流路 5 a が分岐している。マニホールド流路 5 は、アクチュエータユニット 2 1 の斜辺に沿うように延在しており、流路ユニット 4 の長手方向と交差して配置されている。二つのアクチュエータユニット 2 1 に挟まれた領域では、1 つのマニホールド流路 5 が、隣接するアクチュエータユニット 2 1 に共有されており、副マニホールド流路 5 a がマニホールド流路 5 の両側から分岐している。これらの副マニホールド流路 5 a は、流路ユニット 4 の内部であって各アクチュエータユニット 2 1 に対向する領域に互いに隣接して延在している。

【 0 0 8 7 】

流路ユニット 4 は、複数の圧力室 1 0 がマトリクス状に形成されている圧力室群 9 を有している。圧力室 1 0 は、角部にアールが施されたほぼ菱形の平面形状を有する中空の領域である。圧力室 1 0 は流路ユニット 4 の上面に開口するように形成されている。これらの圧力室 1 0 は、流路ユニット 4 の上面におけるアクチュエータユニット 2 1 に対向する領域のほぼ全面に亘って配列されている。従って、これらの圧力室 1 0 によって形成された各圧力室群 9 はアクチュエータユニット 2 1 とほぼ同一の大きさ及び形状の領域を占有している。また、各圧力室 1 0 の開口は、流路ユニット 4 の上面にアクチュエータユニット 2 1 が接着されることで閉塞されている。本実施形態では、図 3 に示されているように、等間隔に流路ユニット 4 の長手方向に並ぶ圧力室 1 0 の列が、短手方向に互いに平行に 16 列配列されている。各圧力室列に含まれる圧力室 1 0 の数は、圧電アクチュエータ 50 の外形形状に対応して、その長辺側から短辺側に向かって次第に少なくなるように配置されている。ノズル 8 もこれと同様に配置されている。これによって、全体として 600 dpi の解像度で画像形成が可能となっている。

【 0 0 8 8 】

アクチュエータユニット 2 1 の上面における各圧力室 1 0 に対向する位置には後述のような個別電極 3 5 がそれぞれ形成されている。個別電極 3 5 は圧力室 1 0 より一回り小さく、圧力室 1 0 とほぼ相似な形状を有しており、アクチュエータユニット 2 1 の上面における圧力室 1 0 と対向する領域内に収まるように配置されている。

【 0 0 8 9 】

圧力室 1 0 及び個別電極 3 5 のいずれも、図 3 の上下方向に沿って長尺な形状を有している。そして、図 3 の上下方向に関する中心から上方向及び下方向のいずれに向かう方向にも先細りの形状を有している。これによって多数の圧力室 1 0 及び個別電極 3 5 が平面上に密に配列されている。

【 0 0 9 0 】

流路ユニット 4 には多数のノズル 8（吐出口）が形成されている。これらのノズル 8 は、流路ユニット 4 の下面における副マニホールド流路 5 a と対向する領域を避ける位置に

10

20

30

40

50

配置されている。また、これらのノズル 8 は、流路ユニット 4 の下面におけるアクチュエータユニット 2 1 と対向する領域内に配置されている。そして、それぞれの領域内のノズル 8 は、流路ユニット 4 の長手方向に平行な複数の直線に沿って等間隔に配列されている。

【 0 0 9 1 】

なお、これらのノズル 8 は、流路ユニット 4 の長手方向に平行な仮想直線上にこの仮想直線と垂直な方向から各ノズル 8 の形成位置を射影した射影点が、印字の解像度に対応した間隔で等間隔に途切れずに並ぶような位置に形成されている。これによって、インクジェットヘッド 2 は、流路ユニット 4 におけるノズルが形成された領域の長手方向についてのほぼ全領域に亘って、印字の解像度に対応した間隔で途切れずに印字できるようになっている。

10

【 0 0 9 2 】

流路ユニット 4 の内部には、多数のアパーチャ（しぼり）1 2 が形成されている。これらのアパーチャ 1 2 は、圧力室群 9 と対向する領域内に配置されている。本実施形態のアパーチャ 1 2 は、水平面に平行な 1 方向に沿って延在している。

【 0 0 9 3 】

流路ユニット 4 の内部には、各アパーチャ 1 2、圧力室 1 0 及びノズル 8 を互いに連通させるような連通孔が形成されている。これらの連通孔は、互いに連通し、個別インク流路 3 2 を構成している（図 4 参照）。各個別インク流路 3 2 は副マニホールド流路 5 a と連通している。マニホールド流路 5 に供給されたインクは副マニホールド流路 5 a を通じて各個別インク流路 3 2 へと供給され、ノズル 8 から吐出される。

20

【 0 0 9 4 】

< 個別インク流路 >

ヘッド本体 1 3 の断面構造について説明する。図 4 は、図 3 の I V—I V 線に沿った縦断面図である。

【 0 0 9 5 】

ヘッド本体 1 3 に含まれる流路ユニット 4 は、複数のプレートが積層された積層構造を有している。これらのプレートは、流路ユニット 4 の上面から順に、キャピティプレート 2 2、ベースプレート 2 3、アパーチャプレート 2 4、サブライプレート 2 5、マニホールドプレート 2 6、2 7、2 8、カバープレート 2 9 及びノズルプレート 3 0 である。これらのプレートには多数の連通孔が形成されている。各プレートは、これらの連通孔が互いに連通して個別インク流路 3 2 及び副マニホールド流路 5 a を構成するように、位置合わせして積層されている。ヘッド本体 1 3 は、図 4 に示されているように、圧力室 1 0 は流路ユニット 4 の上面に、副マニホールド流路 5 a は内側中央部に、ノズル 8 は下面にと、個別インク流路 3 2 を構成する各部分が異なる位置に互いに近接して配設され、圧力室 1 0 を介して副マニホールド流路 5 a とノズル 8 とが連通孔により連通される構成を有している。

30

【 0 0 9 6 】

各プレートに形成された連通孔について説明する。これらの連通孔には、次のようなものがある。第 1 に、キャピティプレート 2 2 に形成された圧力室 1 0 である。第 2 に、圧力室 1 0 の一端から副マニホールド流路 5 a へと連通する流路を構成する連通孔 A（第 2 のインク流路）である。連通孔 A は、ベースプレート 2 3（圧力室 1 0 の入り口）からサブライプレート 2 5（副マニホールド流路 5 a の出口）までの各プレートに形成されている。なお、連通孔 A には、アパーチャプレート 2 4 に形成されたアパーチャ 1 2 が含まれている。

40

【 0 0 9 7 】

第 3 に、圧力室 1 0 の他端からノズル 8 へと連通する流路を構成する連通孔 B（第 2 の部分流路）である。連通孔 B は、ベースプレート 2 3（圧力室 1 0 の出口）からノズルプレート 2 9 までの各プレートに形成されている。なお、以下の記載において連通孔 B はディセンド 3 3 と呼称される。第 4 に、ノズルプレート 3 0 に形成されたノズル 8 であり、

50

ノズル 8 は連通孔 B と共にディセンダ 3 3 (第 1 の部分流路) を構成している。第 5 に、副マニホールド流路 5 a を構成する連通孔 C である。連通孔 C は、マニホールドプレート 2 6 ~ 2 8 に形成されている。

【 0 0 9 8 】

このような連通孔が相互に連通し、副マニホールド流路 5 a からのインクの流入口 (副マニホールド流路 5 a の出口) からノズル 8 に至る個別インク流路 3 2 を構成している。副マニホールド流路 5 a に供給されたインクは、以下の経路でノズル 8 へと流出する。まず、副マニホールド流路 5 a から上方向に向かって、アパーチャ 1 2 の一端部に至る。次に、アパーチャ 1 2 の延在方向に沿って水平に進み、アパーチャ 1 2 の他端部に至る。そこから上方に向かって、圧力室 1 0 の一端部に至る。さらに、圧力室 1 0 の延在方向に沿って水平に進み、圧力室 1 0 の他端部に至る。そこから 3 枚のプレートを経由して斜め下方に向かい、さらに直下のノズル 8 へと進む。

10

【 0 0 9 9 】

なお、ディセンダ 3 3 と圧力室 1 0 との境界面 2 3 b を含む連通孔 2 3 a と、ノズル 8 とは、ディセンダ 3 3 の他の部分よりも細くなっている。つまり、ディセンダ 3 3 の長さ方向 (個別インク流路を示す図 4 の矢印に沿った方向) に垂直な断面について、連通孔 2 3 a 及びノズル 8 の断面積は、ディセンダ 3 3 の他の部分の断面積より小さい。したがって、ディセンダ 3 3 に充填されたインクにノズル 8 及び連通孔 2 3 a の近傍を両端とする固有振動が比較的発生しやすい構造となっている。

20

【 0 1 0 0 】

また、アパーチャ 1 2 の長さ方向 (個別インク流路を示す図 4 の矢印に沿った方向) に垂直なアパーチャ 1 2 の断面の面積は、連通孔 A における圧力室 1 0 との境界面 2 3 c の面積及び副マニホールド流路 5 a の出口 2 5 a の面積のいずれよりも小さい。したがって、アパーチャ 1 2 のしぼりとしての機能が発揮され、引き打ちによるインク吐出に適した構造が実現されている。

【 0 1 0 1 】

< アクチュエータユニット >

アクチュエータユニット 2 1 は、図 5 に示されるように、4 枚の圧電層 4 1、4 2、4 3、4 4 からなる積層構造を有している。これらの圧電層 4 1 ~ 4 4 はそれぞれ 1 5 μm 程度の厚みを有している。アクチュエータユニット 2 1 全体の厚みは 6 0 μm 程度である。圧電層 4 1 ~ 4 4 のいずれの層も複数の圧力室 1 0 を跨ぐように延在している (図 3 参照)。これらの圧電層 4 1 ~ 4 4 は、強誘電性を有するチタン酸ジルコン酸鉛 (P Z T) 系のセラミックス材料からなる。

30

【 0 1 0 2 】

アクチュエータユニット 2 1 は、A g - P d 系などの金属材料からなる個別電極 3 5 及び共通電極 3 4 を有している。個別電極 3 5 は上述のようにアクチュエータユニット 2 1 の上面における圧力室 1 0 と対向する位置に配置されている。個別電極 3 5 の一端は、圧力室 1 0 と対向する領域外に引き出されてランド 3 6 が形成されている。このランド 3 6 は例えばガラスフリットを含む金からなり、厚みが 1 5 μm 程度で凸状に形成されている。また、ランド 3 6 は、図示されていない F P C (Flexible Printed Circuit) に設けられたコンタクトと電氣的に接合されている。制御部 1 0 0 は、後述のように、F P C を通じて個別電極 3 5 に電圧パルスを供給する。

40

【 0 1 0 3 】

共通電極 3 4 は圧電層 4 1 と圧電層 4 2 との間の領域に面方向のほぼ全面に亘って介在している。すなわち、共通電極 3 4 は、アクチュエータユニット 2 1 に対向する領域内の全ての圧力室 1 0 に跨るように延在している。共通電極 3 4 の厚さは 2 μm 程度である。共通電極 3 4 は図示しない領域において接地され、グランド電位に保持されている。本実施形態では、圧電層 4 1 上において、個別電極 3 5 からなる電極群を避ける位置に個別電極 3 5 とは異なる表面電極 (不図示) が形成されている。表面電極は、圧電層 4 1 の内部に形成されたスルーホールを介して共通電極 3 4 と電氣的に接続されていると共に、多数

50

の個別電極 35 と同様に、F P C 50 上の別のコンタクト及び配線と接続されている。

【0104】

図 5 に示されるように、上記の 2 つの電極は、最上層の圧電層 41 のみを挟むように配置されている。圧電層における個別電極 35 と共通電極 34 とに挟まれた領域は活性部と呼称される。本実施形態のアクチュエータユニット 21 においては、最上層の圧電層 41 のみ活性部を含んでおり、その他の圧電層 42 ~ 44 は活性部を含んでいない。すなわち、このアクチュエータユニット 21 はいわゆるユニモルフタイプの構成を有している。

【0105】

なお、後述のように、個別電極 35 に選択的に所定の電圧パルスが供給されることにより、この個別電極 35 に対応する圧力室 10 内のインクに圧力が加えられる。これによって、個別インク流路 32 を通じて、対応するノズル 8 からインクが吐出される。すなわち、アクチュエータユニット 21 における各圧力室 10 に対向する部分は、各圧力室 10 及びノズル 8 に対応する個別の圧電アクチュエータ 50 (アクチュエータ) に相当する。つまり、4 枚の圧電層からなる積層体中には、図 5 に示されているような構造を単位構造とするアクチュエータが圧力室 10 ごとに作り込まれており、これによってアクチュエータユニット 21 が構成されている。なお、本実施形態において 1 回の吐出動作によってノズル 8 から吐出されるインクの量は 5 ~ 7 p l (ピコリットル) 程度である。

【0106】

< 圧電アクチュエータ及び個別インク流路の設計 >

圧電アクチュエータ 50 及び個別インク流路 32 は、上記のような構造に基づいて、圧電アクチュエータ 50 及び圧力室 10 の一体的な変形に係る振動における固有振動周期 T_s 、ディセンダ 33 に充填されたインクの固有振動周期 T_d 及び個別インク流路 32 の全体に充填されたインクの固有振動周期 T_c が以下を満たすように設計されている。つまり、 $0.36 \leq T_s / T_d \leq 0.90$ 又は $1.1 \leq T_s / T_d \leq 1.7$ の範囲であって、 $0.0060 \leq T_s * T_d / T_c^2 \leq 0.014$ の範囲を満たすように設計されている。

【0107】

ここで、 T_s は、個別電極 35 の面積、厚み、材質、共通電極 34 の厚み、材質や、圧電層 41 ~ 44 のそれぞれの材質、厚み、圧力室 10 や個別電極 35 に対向する領域の面積等のパラメータに依存する。また、 T_d はディセンダ 33 の形状、長さ、断面積等のパラメータに依存する。さらに、 T_c は個別インク流路 32 の形状、長さ、断面積等のパラメータに依存する。個別インク流路 32 の設計においては、例えば、これらのパラメータについて適当な数値が設定された上で流体解析等を利用して T_s 、 T_d 、 T_c が算出され、これらが上記の範囲を満たすかどうか判断される。そして、このような解析が繰り返されることにより、上記の範囲を満たす最適な個別インク流路 32、ディセンダ 33 及び圧電アクチュエータ 50 の仕様が決定される。このように決定された仕様に基づいて、本実施形態の個別インク流路 32、ディセンダ 33 及び圧電アクチュエータ 50 が作製されている。なお、本実施形態では、流体解析において、ディセンダ 33 を上述のようにストレート管として扱ったが、実際の形状に合わせた異なる内径を有する管の組み合わせとして扱ってもよい。

【0108】

< アクチュエータユニットの制御 >

以下は、アクチュエータユニット 21 の制御についての説明である。アクチュエータユニット 21 の制御のために、プリンタ 1 は制御部 100 及びドライバ I C 80 を有している。なお、プリンタ 1 は、演算処理装置である C P U (Central Processing Unit)、C P U が実行するプログラム及びプログラムに使用されるデータが記憶されている R O M (Read Only Memory)、及び、プログラム実行時にデータを一時記憶するための R A M (Random Access Memory) を有しており、これらによって以下に説明する機能を有する制御部 100 が構築されている。

【0109】

制御部 100 は、図 6 に示されているように、印刷制御部 101 及び動作制御部 105

10

20

30

40

50

を有している。印刷制御部 101 は、画像データ記憶部 102、波形パターン記憶部 103 及び印刷信号生成部 104 を有している。画像データ記憶部 102 は、PC 133 などから送信された印刷に係る画像データを記憶している。

【0110】

波形パターン記憶部 103 は複数の吐出パルス列波形に対応する波形データを記憶している。各吐出パルス列波形は画像の階調等に応じた基本の波形に相当する。このような波形に対応した電圧パルス信号がドライバ IC 80 を介して個別電極 35 に供給されることにより、それぞれの階調等に対応した量のインクがインクジェットヘッド 2 から吐出される。

【0111】

10

印刷信号生成部 104 は、画像データ記憶部 102 に記憶された画像データに基づき、シリアル印刷データを生成する。このような印刷データは、波形パターン記憶部 103 に記憶された複数の吐出パルス列波形に対応するデータのいずれかに対応しており、各個別電極 35 に所定のタイミングで各吐出パルス列波形が供給されるよう指示するデータである。印刷信号生成部 104 は、画像データ記憶部 102 が記憶している画像データに基づき、画像データに対応するタイミング、波形及び個別電極に応じた印刷データを作成する。そして、印刷信号生成部 104 は、生成した印刷データをドライバ IC 80 に出力する。

【0112】

ドライバ IC 80 はアクチュエータユニット 21 ごとに設けられており、シフトレジスタ、マルチプレクサ及びドライブバッファ（共に図示されず）を有している。

20

【0113】

シフトレジスタは、印刷信号生成部 104 から出力されたシリアル印刷データをパラレルデータに変換する。つまり、シフトレジスタは印刷データの指示に従って、各圧力室 10 及びノズル 8 に対応する圧電アクチュエータ 50 に対する個別のデータを出力する。

【0114】

マルチプレクサは、シフトレジスタから出力された各データに基づいて、波形パターン記憶部 103 が記憶している波形データの中から適切なものを選択する。そして、マルチプレクサは選択したデータをドライブバッファに出力する。

【0115】

30

ドライブバッファは、マルチプレクサから出力された波形データに基づいて、所定のレベルを有する吐出電圧パルス列信号を生成する。そして、ドライブバッファは、各圧電アクチュエータ 50 に対応する個別電極 35 に上記の吐出電圧パルス列信号を、FPC を介して供給する。

【0116】

<インク吐出時の電位変化>

吐出電圧パルス列信号及びこの信号の供給を受けた個別電極 35 における電位の変化について説明する。

【0117】

吐出電圧パルス列信号に含まれる各時刻の電圧について説明する。図 7 は、吐出電圧パルス列信号が供給された個別電極 35 における電位の変化の一例を示している。なお、図 7 に示す吐出電圧パルス列信号の波形 61 は、1 滴のインクをノズル 8 から吐出させるための波形の一例である。

40

【0118】

時刻 t_1 は、個別電極 35 に吐出電圧パルス列信号が供給され始める時刻である。時刻 t_1 は、この個別電極 35 に対応するノズル 8 からインクを吐出させるタイミングに合わせて調節される。吐出電圧パルス列信号の波形 61 において、時刻 t_1 までの期間及び時刻 t_4 以降の期間には、電圧は U_0 ($\neq 0$) に保持されている。そして、時刻 t_2 から時刻 t_3 までの期間には電圧はグランド電位に保持されている。時刻 t_1 から時刻 t_2 までの期間は、個別電極 35 の電位が U_0 からグランド電位になるまでの過渡期間である。ま

50

た、時刻 t_3 から時刻 t_4 までの期間は、個別電極 35 の電位がグランド電位から U_0 になるまでの過渡期間である。図 5 に示されているとおり、圧電アクチュエータ 50 はコンデンサーと同様の構成を有しているため、個別電極 35 の電位が変化する際には、電荷の充放電に対応して上記のような過渡期間が生じる。

【0119】

< インク吐出時のアクチュエータの駆動 >

以下は、上記のような吐出電圧パルス列信号が個別電極 35 に供給されることにより、圧電アクチュエータ 50 がどのように駆動されるかについての説明である。

【0120】

本実施形態におけるアクチュエータユニット 21 においては、最上層の圧電層 41 だけが個別電極 35 から共通電極 34 に向かう方向に分極されている。従って、個別電極 35 を共通電極 34 と異なる電位にして圧電層 41 に対してその分極方向と同じ方向に、具体的には個別電極 35 から共通電極 34 に向かう方向に電界を印加すると、この電界が印加された部分、すなわち活性部が、厚み方向、すなわち積層方向に伸長しようとする。また、このとき、活性部は積層方向と垂直な方向、すなわち面方向には収縮しようとする。これに対し、残りの 3 枚の圧電層 42 ~ 44 は分極されておらず、電界を印加したとしても自発的には変形しない。

【0121】

このように、圧電層 41 と圧電層 42 ~ 44 との間で歪み方に差が生じるので、全体として各圧電アクチュエータ 50 は圧力室 10 側（圧電層 42 ~ 44 側）へ凸となるように変形（ユニモルフ変形）する。

【0122】

以下は、個別電極 35 に波形 61 に対応する電圧パルス信号を供給したときの圧電アクチュエータ 50 の駆動についての説明である。図 8 (a) ~ (c) は、この場合の圧電アクチュエータ 50 の経時変化を示す図である。

【0123】

図 8 (a) は、図 7 に示される時刻 t_1 までの期間での圧電アクチュエータ 50 の様子を示している。このとき、個別電極 35 の電位は U_0 である。圧電アクチュエータ 50 は、上記のようなユニモルフ変形により、圧力室 10 内に突出している。このときの圧力室 10 の容積は V_1 となっている。この状態を圧力室 10 における第 1 の状態とする。

【0124】

図 8 (b) は、図 7 に示される時刻 t_2 から時刻 t_3 の期間での圧電アクチュエータ 50 の様子を示している。このとき、個別電極 35 の電位はグランド電位である。従って、圧電層 41 における活性部に印加されていた電界が解除され、圧電アクチュエータ 50 のユニモルフ変形も解除されている。このときの圧力室 10 の容積 V_2 は、図 8 (a) に示される圧力室 10 の容積 V_1 より大きい。この状態を圧力室 10 における第 2 の状態とする。このように圧力室 10 の容積が増大した結果、インクが副マニホールド流路 5a から圧力室 10 に吸い込まれる。

【0125】

図 8 (c) は、図 7 に示される時刻 t_4 からの期間での圧電アクチュエータ 50 の様子を示している。このとき、個別電極 35 の電位は U_0 である。従って、圧電アクチュエータ 50 は、再び第 1 の状態に戻っている。このように、圧電アクチュエータ 50 が圧力室 10 を第 2 の状態から第 1 の状態に変化させることで、圧力室 10 内のインクに圧力が加えられる。これによって、ノズル 8 からインク滴が吐出される。インク滴は印刷用紙 P の印刷面に着弾し、ドットを形成する。

【0126】

このように、本実施形態の圧電アクチュエータ 50 の駆動においては、まず、一旦圧力室 10 の容積を増大させて、圧力室 10 内のインクに負の圧力波を発生させる（図 8 (a) から図 8 (b) へ）。すると、この圧力波が流路ユニット 4 内のインク流路端部で反射して、ノズル 8 側に進行する正の圧力波として帰ってくる。この正の圧力波が圧力室 10

内に到達したタイミングを見計らって、再び圧力室 10 の容積を減少させる（図 8（b）から図 8（c）へ）。これはいわゆる「引き打ち(fill before fire)」と呼ばれる手法である。

【0127】

上記のような引き打ちによるインク吐出が行われるように、インク吐出に係る波形 61 を有する電圧パルスのパルス幅 T_o （図 7 参照）は、AL に調節されている。本実施形態では、個別インク流路 32 の全長のほぼ中央近傍に圧力室 10 が配設されており、AL とは圧力室 10 内で発生した圧力波がアパーチャ 12 からノズル 8 まで伝播する時間の長さである。これによると、上記のようにして反射してきた正の圧力波と、圧電アクチュエータ 50 の変形により生じた正の圧力波とを重畳させ、より大きい圧力がインクに付与される。そのため、単に圧力室 10 の容積を 1 回減少させるだけでインクを押し出す場合より、同じ量のインクを吐出する際の圧電アクチュエータ 50 の駆動電圧が低く抑えられる。したがって、引き打ち方式は圧力室 10 の高集積化、インクジェットヘッド 2 のコンパクト化、及び、インクジェットヘッド 2 を駆動する際のランニングコストの点で有利である。

【図面の簡単な説明】

【0128】

【図 1】本発明によるインクジェット記録装置の一実施形態であるプリンタの概略構成図である。

【図 2】図 1 に示されるヘッド本体の上面図である。

【図 3】図 2 の一点鎖線に囲まれた領域の拡大図である。

【図 4】図 3 の I V - I V 線に沿った縦断面図である。

【図 5】図 4 に示される圧電アクチュエータ周辺の部分拡大図である。

【図 6】図 1 に示されるプリンタが有する制御部について説明する図である。

【図 7】インク吐出の際に図 5 に示される個別電極に供給される電圧パルスの波形を示す図である。

【図 8】図 7 に示される電圧パルスが個別電極に供給された際の、アクチュエータユニットの駆動を示す図である。

【図 9】図 7 に示される電圧パルスが個別電極に供給された際にノズルから吐出されるインク液滴を示す図である。

【図 10】本発明がなされるにあたって行われた数値解析において図 4 に示されるインク流路のモデルとして用いられたものの一例を示す図である。

【図 11】図 10 のモデルを用いて行われた数値解析の結果を示すグラフである。

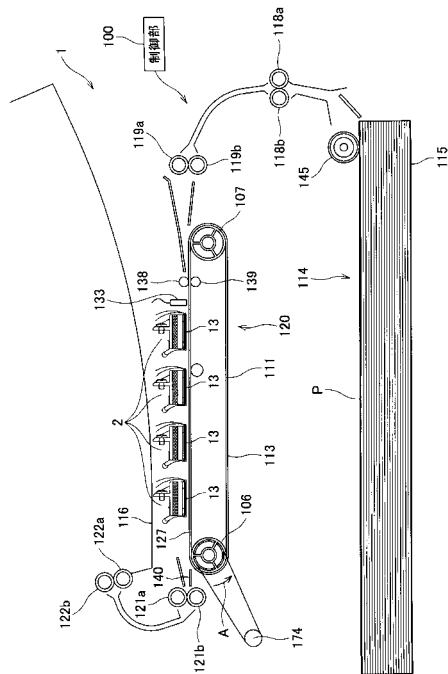
【図 12】図 10 のモデルを用いて行われた数値解析の結果を示す別のグラフである。

【符号の説明】

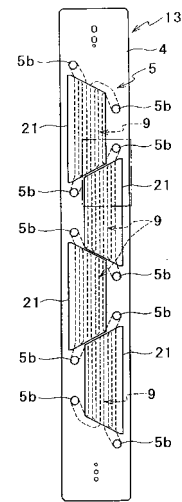
【0129】

- 1 プリンタ
- 2 インクジェットヘッド
- 4 流路ユニット
- 5 a 副マニホールド流路
- 8 ノズル
- 10 圧力室
- 12 アパーチャ
- 21 アクチュエータユニット
- 32 個別インク流路
- 33 ディセンダ
- 34 共通電極
- 35 個別電極
- 41 - 44 圧電層
- 50 圧電アクチュエータ

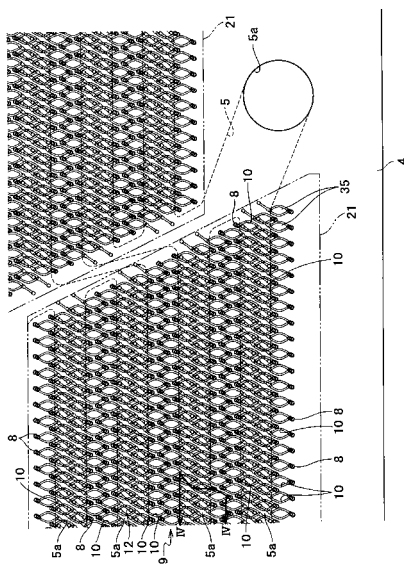
【図 1】



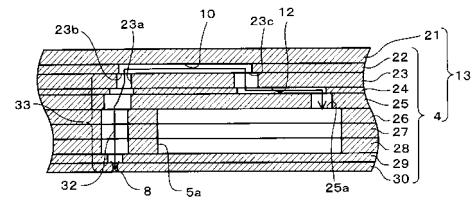
【図 2】



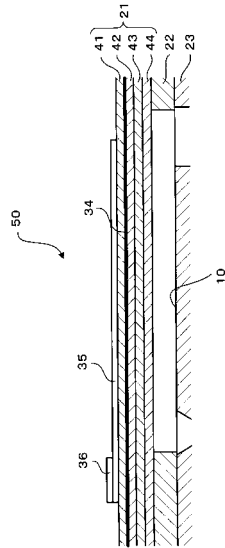
【図 3】



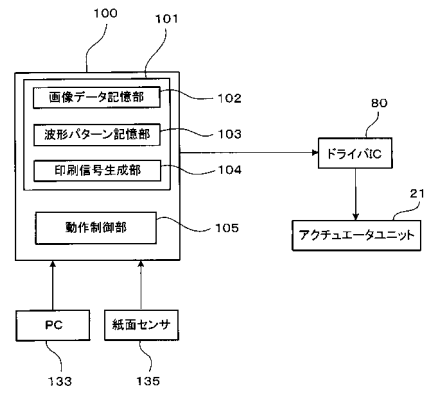
【図 4】



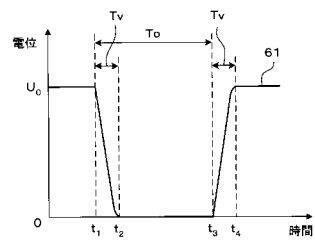
【図 5】



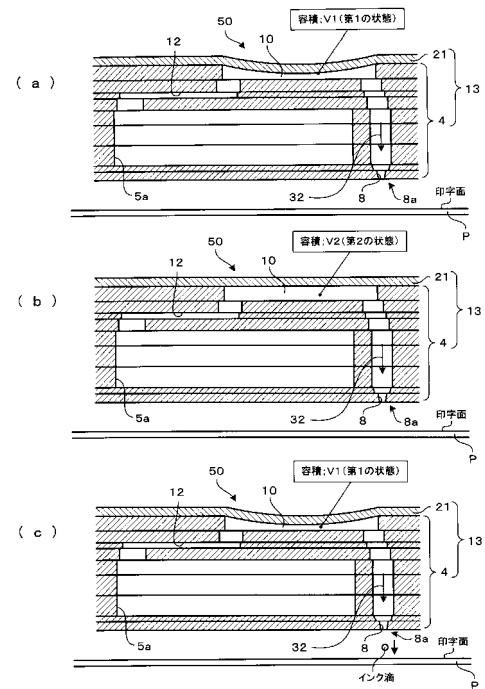
【図 6】



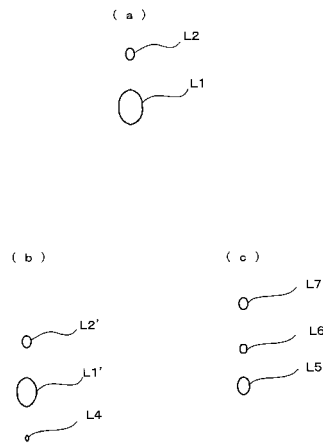
【図 7】



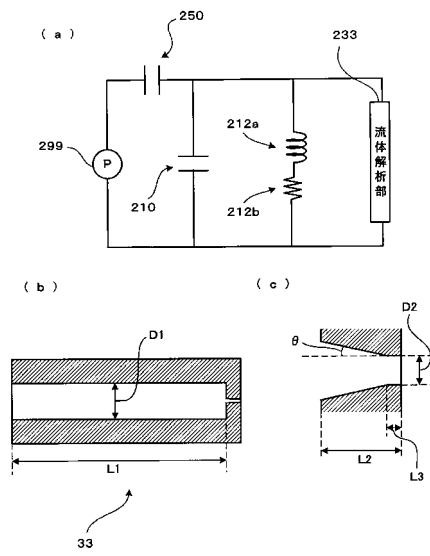
【図 8】



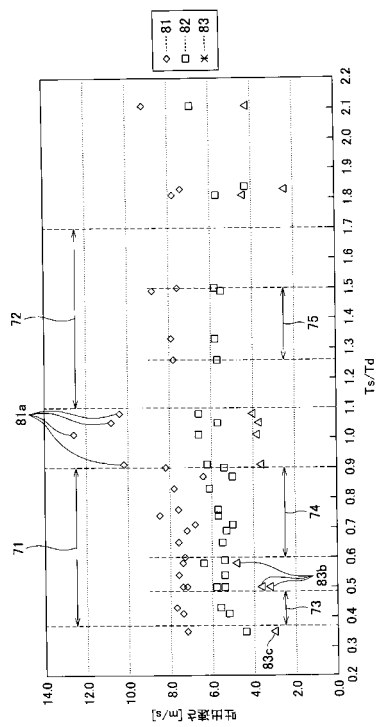
【図 9】



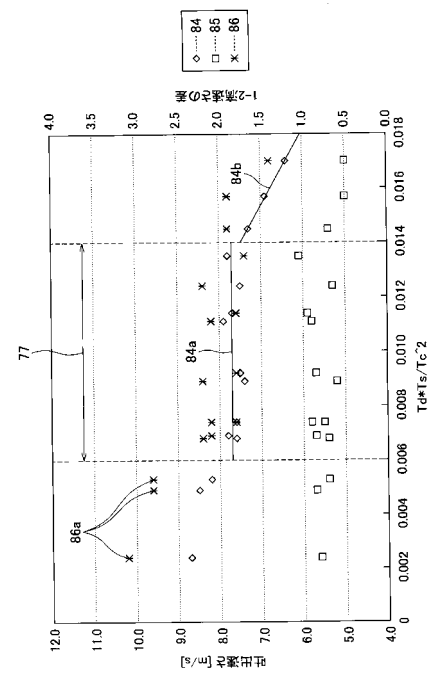
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(72)発明者 石倉 慎

鹿児島県霧島市国分山下町1番4号 京セラ株式会社 京セラ総合研究所内

(72)発明者 日比 学

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

審査官 松川 直樹

(56)参考文献 特開2001-293864(JP,A)

特開2001-191517(JP,A)

特開平06-171080(JP,A)

特開平06-340066(JP,A)

特開平07-178926(JP,A)

特開平09-123444(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B41J 2/045

B41J 2/055