

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-306076
(P2006-306076A)

(43) 公開日 平成18年11月9日(2006.11.9)

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)
B 4 1 J 2/045 (2006.01) B 4 1 J 3/04 1 O 3 A 2 C O 5 7
B 4 1 J 2/055 (2006.01)

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 23 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2006-92311 (P2006-92311) (22) 出願日 平成18年3月29日 (2006. 3. 29) (31) 優先権主張番号 特願2005-103129 (P2005-103129) (32) 優先日 平成17年3月31日 (2005. 3. 31) (33) 優先権主張国 日本国 (JP)</p>	<p>(71) 出願人 000005201 富士写真フイルム株式会社 神奈川県南足柄市中沼2 1 0 番地 (74) 代理人 100083116 弁理士 松浦 憲三 (72) 発明者 又木 裕司 神奈川県足柄上郡開成町宮台7 9 8 番地 富士写真フイルム株式会社内 Fターム(参考) 2C057 AF99 AG14 AM17 AM21 AM22 AN05 AR04 AR08 BA04 BA14</p>
--	---

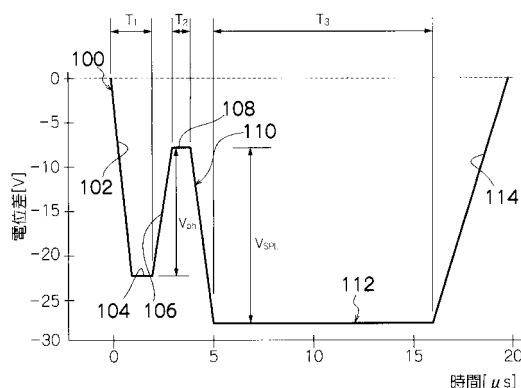
(54) 【発明の名称】 液体吐出装置及び画像形成装置

(57) 【要約】

【課題】高粘度の液体でも液柱を引きちぎる負圧が得られる条件を解明し、これに基づいて高粘度液を微小液滴として吐出可能な液体吐出装置及び画像形成装置を提供する。

【解決手段】本発明の液体吐出装置は、圧力室の体積を変化させるアクチュエータの駆動信号100として、圧力室の体積を増加させる第1の引き駆動波形要素102と、第1の引き駆動波形要素102の後に圧力室の体積を減少させてノズルから液体を吐出させる押し駆動波形要素106と、押し駆動波形要素106の後に圧力室の体積を再び増加させ吐出液の液柱を切断する第2の引き駆動波形要素110とを少なくとも含む駆動波形を用い、第2の引き駆動波形要素110によって引く量 (V_{spL}) を、押し駆動波形要素106によって押す量 (V_{ph}) 以上とする。また、押した後に引くまでの時間T2は、最初に引いてから押すまでの時間T1以下とする。

【選択図】 図6



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

液体を吐出するためのノズルと、
前記ノズルに連通し該ノズルから吐出させる液体が充填される圧力室と、
前記圧力室の体積を変化させて該圧力室内の液体に圧力変化を与え前記ノズルから前記液体を吐出させるアクチュエータと、

前記アクチュエータを駆動する駆動信号を発生させる駆動信号発生手段と、
を備え、

前記駆動信号は、前記圧力室の体積を増加させるように前記アクチュエータを駆動する第 1 の引き駆動波形要素と、

前記第 1 の引き駆動波形要素の後に前記圧力室の体積を減少させて前記ノズルから液体を吐出させるように前記アクチュエータを駆動する押し駆動波形要素と、

前記押し駆動波形要素の後に前記圧力室の体積を再び増加させ吐出液の液柱を切断するように前記アクチュエータを駆動する第 2 の引き駆動波形要素とを含んで構成され、

前記第 2 の引き駆動波形要素によって前記再び増加させる体積は、前記押し駆動波形要素によって前記減少させる体積以上であることを特徴とする液体吐出装置。

10

【請求項 2】

前記ノズルにおける液体体積速度の固有振動周期を T_e とすると、前記第 1 の引き駆動波形要素によって最初に引いてから前記押し駆動波形要素によって押すまでの時間 T_1 は、次式

$$(T_e / 2) - 1 [\mu s] < T_1 < (T_e / 2) + 1 [\mu s]$$

を満たすことを特徴とする請求項 1 記載の液体吐出装置。

20

【請求項 3】

前記押し駆動波形要素によって押した後に前記第 2 の引き駆動波形要素によって引くまでの時間 T_2 は、前記第 1 の引き駆動波形要素によって最初に引いてから前記押し駆動波形要素によって押すまでの時間 T_1 以下であることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の液体吐出装置。

【請求項 4】

前記駆動信号は、前記第 2 の引き駆動波形要素によって体積増加させた前記圧力室の膨張状態を保持する引き保持波形要素と、前記引き保持波形要素によって前記膨張状態で保持された圧力室の体積を減少させて静定状態に戻す静定回復波形要素とを含んで構成されることを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか 1 項記載の液体吐出装置。

30

【請求項 5】

前記引き保持波形要素によって前記膨張状態を保持する時間 T_3 は、前記第 1 の引き駆動波形要素によって最初に引いてから前記押し駆動波形要素によって押すまでの時間 T_1 よりも長いことを特徴とする請求項 4 記載の液体吐出装置。

【請求項 6】

前記静定回復波形要素の波形の傾きは、前記押し駆動波形要素の波形の傾きよりも緩やかであることを特徴とする請求項 4 又は 5 記載の液体吐出装置。

【請求項 7】

前記液体の粘度は $10 \text{ cP} \sim 50 \text{ cP}$ であることを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れか 1 項記載の液体吐出装置。

40

【請求項 8】

前記ノズルの長さを l_n 、前記ノズルの面積を A_n 、前記圧力室に前記液体を供給するための供給口の流路長を l_s 、前記供給口の面積を A_s 、前記圧力室の体積を V 、前記液体の密度を ρ 、前記液体の粘度を η 、前記液体中の音速 c 、排除体積が X のときの前記アクチュエータの発生圧力を P 、発生圧力が P のときの前記アクチュエータの排除体積を X 、とするとき、次式

【数 1】

$$\frac{1}{\sqrt{1+\pi^2}} \sqrt{\frac{\rho l_n l_s}{(l_n A_s + l_s A_n) \left(\frac{V}{\rho c^2} + \frac{X}{P} \right)}} \leq 4\pi\nu \frac{l_n l_s}{l_n A_s^2 + l_s A_n^2} \leq \sqrt{\frac{\rho l_n l_s}{(l_n A_s + l_s A_n) \left(\frac{V}{\rho c^2} + \frac{X}{P} \right)}}$$

を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 7 の何れか 1 項に記載の液体吐出装置。

【請求項 9】

請求項 1 乃至 8 の何れか 1 項記載の液体吐出装置を有し、前記ノズルから吐出したインク液によって記録媒体上に画像を形成することを特徴とする画像形成装置。 10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は液体吐出装置及び画像形成装置に係り、特に高粘度液を微小液滴として吐出する用途に好適な液体吐出装置及びこれを用いたインクジェット記録装置などの画像形成装置に関する。

【背景技術】

【0002】

インクジェットヘッドから微小な液滴を吐出するための駆動方法として、初めにインク室の内容積を増加させ、その後元の状態に復帰させるときにノズルからインクを押し出し、この押し出されたインクがノズルから切断される以前に、インク室の内容積を再び増加させてインクをノズルから切断する方法が提案されている（特許文献 1）。 20

【特許文献 1】特開平 2 - 184449 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

特許文献 1 は、インクの粘度について言及していないが、高粘度のインクを吐出させる場合に、上記の切断動作を行わないとすると、高粘度であるために圧力の減衰が早く、液を吐出させた後に液体を引きちぎる負圧が出ないため、液柱が長く伸びてしまい微小液滴となりにくい。このため、高粘度液を微小液滴として吐出させるためには、この液柱を引きちぎる波形（インクを切断するための波形）を付加することが望ましい。 30

【0004】

しかし、特許文献 1 では、インクの切断動作についての開示はあるものの、その切断動作に有効な内体積増加のタイミングに関して明示されていない。高粘度液においては圧力の減衰が早いため、液柱を引きちぎる負圧を出すために、特定のタイミングで引き込み動作を行わなければ、十分な大きさの負圧を得ることができない。

【0005】

本発明はこのような事情に鑑みてなされたもので、高粘度の液体でも液柱を引きちぎるに足る負圧が得られる条件を解明し、これに基づいて高粘度液を微小液滴として吐出可能な液体吐出装置及びこれを用いた画像形成装置を提供することを目的とする。 40

【課題を解決するための手段】

【0006】

前記目的を達成するために、請求項 1 に係る液体吐出装置は、液体を吐出するためのノズルと、前記ノズルに連通し該ノズルから吐出させる液体が充填される圧力室と、前記圧力室の体積を変化させて該圧力室内の液体に圧力変化を与え前記ノズルから前記液体を吐出させるアクチュエータと、前記アクチュエータを駆動する駆動信号を発生させる駆動信号発生手段と、を備え、前記駆動信号は、前記圧力室の体積を増加させるように前記アクチュエータを駆動する第 1 の引き駆動波形要素と、前記第 1 の引き駆動波形要素の後に前記圧力室の体積を減少させて前記ノズルから液体を吐出させるように前記アクチュエータ 50

を駆動する押し駆動波形要素と、前記押し駆動波形要素の後に前記圧力室の体積を再び増加させ吐出液の液柱を切断するように前記アクチュエータを駆動する第2の引き駆動波形要素とを含んで構成され、前記第2の引き駆動波形要素によって前記再び増加させる体積は、前記押し駆動波形要素によって前記減少させる体積以上であることを特徴とする。

【0007】

本発明による吐出駆動の方式は、最初に圧力室の体積を増加させる第1の引き(pull)動作を行い、その後圧力室の体積を減少させる押し(push)動作を行ってノズルから液を押し出し、再び圧力室の体積を増加させる第2の引き(pull)動作を行って液柱を引きちぎる(切断する)ことで微小液滴化する方式である。かかるプルプッシュプル(pull-push-pull)駆動において、第2の引き駆動波形要素によって引く量を、押し駆動波形要素によって押す量以上とすることにより、液柱を引きちぎるための十分な負圧を発生させることができる。これにより、吐出液の液柱を確実に分断する(引きちぎる)ことができ、高粘度液の微小液滴を吐出することが可能となる。

10

【0008】

駆動信号には第1の引き駆動波形要素によって膨張した圧力室の状態を保持する引き保持波形要素や、押し駆動波形要素によって収縮した圧力室の状態を保持する押し保持波形要素が含まれていてもよい。即ち、駆動信号は、第1の引き駆動波形要素、押し駆動波形要素及び第2の引き駆動波形要素から成る三角形形状の電圧波形を有していてもよいし、第1の引き駆動波形要素、引き保持波形要素、押し駆動波形要素、押し保持波形要素及び第2の引き駆動波形要素から成る台形形状の電圧波形を有していてもよい。

20

【0009】

請求項2に係る発明は、請求項1記載の液体吐出装置の一態様に係り、前記ノズルにおける液体体積速度の固有振動周期を T_e とすると、前記第1の引き駆動波形要素によって最初に引いてから前記押し駆動波形要素によって押すまでの時間 T_1 は、次式

$$(T_e / 2) - 1 [\mu s] \leq T_1 \leq (T_e / 2) + 1 [\mu s]$$

を満たすことを特徴とする。

【0010】

最初に引いて押すのみの駆動方式(プルプッシュ駆動)による吐出を想定した場合、液体が最も速く吐出する条件(引いた後に押すまでの時間 T_0 の条件)を考察すると、この T_0 がノズルにおける液体体積速度の固有振動周期 T_e の半周期であれば、引き動作による圧力波形と押し動作による圧力波形とが強め合う効果(重ね合わせ効果)を生じるため、最大の吐出力が得られる。

30

【0011】

したがって、本発明のプルプッシュプル駆動方式において、第1の引き駆動波形要素によって最初に引いてから押し駆動波形要素によって押すまでの時間 T_1 を、引いて押すのみの吐出(プルプッシュ駆動)にて液体が最も速く吐出する時間 T_0 (即ち、固有振動周期 T_e の $1/2$)と略同等とすることが好ましい。実験によれば、 $\pm 1 \mu s$ 程度の許容範囲が認められ、 $(T_e / 2) - 1 [\mu s] \leq T_1 \leq (T_e / 2) + 1 [\mu s]$ を満たす範囲であれば、良好な吐出が可能である。

【0012】

請求項3に係る発明は、請求項1又は2記載の液体吐出装置の一態様に係り、前記押し駆動波形要素によって押した後に前記第2の引き駆動波形要素によって引くまでの時間 T_2 は、前記第1の引き駆動波形要素によって最初に引いてから前記押し駆動波形要素によって押すまでの時間 T_1 以下であることを特徴とする。

40

【0013】

望ましくは T_2 と T_1 の差を小さくし、更に望ましくは、 T_2 と T_1 を同一($T_2 = T_1$)とする。これにより、共振現象を利用して吐出を行うことができる。また、引き押し動作によって生じる圧力波形と、2回目の引き動作によって生じる圧力波形とが強め合うように第2の引き駆動波形要素の印加タイミングを設定することで、圧力減衰の激しい高粘度液でも液柱を引きちぎるに足る十分な負圧を得ることができ、高粘度液を微小液滴で

50

吐出させることが可能である。

【0014】

請求項4に係る発明は、請求項1乃至3の何れか1項記載の液体吐出装置の一態様に係り、前記駆動信号は、前記第2の引き駆動波形要素によって体積増加させた前記圧力室の膨張状態を保持する引き保持波形要素と、前記引き保持波形要素によって前記膨張状態で保持された圧力室の体積を減少させて静定状態に戻す静定回復波形要素とを含んで構成されることを特徴とする。

【0015】

液柱を引きちぎる引き動作の後に、圧力室の膨張状態を保持することにより、この期間にリフィルが促進される。また、所要のリフィル時間を確保した後に圧力室を静定状態に戻し、次の吐出動作に備える。

10

【0016】

請求項5に係る発明は、請求項4記載の液体吐出装置の一態様に係り、前記引き保持波形要素によって前記膨張状態を保持する時間T3は、前記第1の引き駆動波形要素によって最初に引いてから前記押し駆動波形要素によって押すまでの時間T1よりも長いことを特徴とする。

【0017】

これにより、必要十分なリフィル時間を確保することにより、リフィルが迅速に行われ、結果的に吐出周期を短くする（吐出周波数を高速化する）ことができる。

【0018】

請求項6に係る発明は、請求項4又は5記載の液体吐出装置の一態様に係り、前記静定回復波形要素の波形の傾きは、前記押し駆動波形要素の波形の傾きよりも緩やかであることを特徴とする。

20

【0019】

かかる態様によれば、静定回復波形要素による圧力室の収縮動作のときにノズルから液体が吐出されてしまうような事態を防止することができる。

【0020】

請求項7に係る発明は、請求項1乃至6の何れか1項記載の液体吐出装置の一態様に係り、前記液体の粘度は10cP～50cPであることを特徴とする。

【0021】

本発明による液体吐出装置は、特に、圧力減衰の激しい高粘度の液体を微小液滴として吐出するための手段として好適である。

30

【0022】

請求項8に係る発明は、請求項1乃至7の何れか1項に記載の液体吐出装置の一態様に係り、前記ノズルの長さを l_n 、前記ノズルの面積を A_n 、前記圧力室に前記液体を供給するための供給口の流路長を l_s 、前記供給口の面積を A_s 、前記圧力室の体積を V 、前記液体の密度を ρ 、前記液体の粘度を η 、前記液体中の音速 c 、排除体積が X のときの前記アクチュエータの発生圧力を P 、発生圧力が P のときの前記アクチュエータの排除体積を X 、とするとき、次式

【0023】

【数2】

$$\frac{1}{\sqrt{1+\pi^2}} \sqrt{\frac{\rho l_n l_s}{(l_n A_s + l_s A_n) \left(\frac{V}{\rho c^2} + \frac{X}{P} \right)}} \leq 4\pi \nu \frac{l_n l_s}{l_n A_s^2 + l_s A_n^2} \leq \sqrt{\frac{\rho l_n l_s}{(l_n A_s + l_s A_n) \left(\frac{V}{\rho c^2} + \frac{X}{P} \right)}}$$

40

【0024】

を満たすことを特徴とする。

【0025】

上記の不等式（〔数2〕）は、液体の圧力変動が振動する条件と、圧力変動を示す関数の2回目の極値が最初の極値の $1/e$ 以下となる程度に圧力減衰が激しいという条件とか

50

ら導かれた条件である。上記の式〔数2〕を満たすように構成された液体吐出ヘッドに対して本発明によるブルブッシュブル制御の駆動信号を用いることにより、微小液滴吐出が可能である。

【0026】

請求項9に係る発明は、前記目的を達成する画像形成装置を提供する。即ち、請求項9に係る画像形成装置は、請求項1乃至8の何れか1項記載の液体吐出装置を有し、前記ノズルから吐出したインク液によって記録媒体上に画像を形成することを特徴とする。

【0027】

かかる画像形成装置によれば、例えば、画像入力手段を介して入力された画像データ（印字データ）に基づいて色変換やハーフトーニング処理が行われ、インク色に応じた吐出データが生成される。この吐出データに基づいて、液体吐出ヘッドの各ノズルに対応するアクチュエータの駆動が制御され、ノズルからインク滴が吐出される。高解像度の画像出力を実現するためには、インク液を吐出するノズル（吐出口）と、該ノズルに対応した圧力室及びアクチュエータとを含んで構成される液滴吐出素子（インク液室ユニット）を高密度に多数配置した液体吐出ヘッド（印字ヘッド）を用いる態様が好ましい。

10

【0028】

かかる印字用の液体吐出ヘッドの構成例として、記録媒体の全幅に対応する長さにわたって複数の吐出口（ノズル）を配列させたノズル列を有するフルライン型のヘッドを用いることができる。この場合、記録媒体の全幅に対応する長さに満たないノズル列を有する比較的短尺の吐出ヘッドモジュールを複数個組み合わせ、これらを繋ぎ合わせることで全体として記録媒体の全幅に対応する長さのノズル列を構成する態様がある。

20

【0029】

フルライン型のヘッドは、通常、記録媒体の相対的な送り方向（相対的搬送方向）と直交する方向に沿って配置されるが、搬送方向と直交する方向に対して、ある所定の角度を持たせた斜め方向に沿ってヘッドを配置する態様もあり得る。

【0030】

「記録媒体」は、液体吐出ヘッドの吐出口から吐出されるインクの付着を受ける媒体（印字媒体、被画像形成媒体、被記録媒体、受像媒体、被吐出媒体など呼ばれ得るもの）であり、連続用紙、カット紙、シール用紙、OHPシート等の樹脂シート、フィルム、布、配線パターン等が形成されるプリント基板、中間転写媒体、その他材質や形状を問わず、様々な媒体を含む。

30

【0031】

記録媒体と液体吐出ヘッドを相対的に移動させる搬送手段は、停止した（固定された）ヘッドに対して記録媒体を搬送する態様、停止した記録媒体に対してヘッドを移動させる態様、或いは、ヘッドと記録媒体の両方を移動させる態様の何れをも含む。なお、インクジェット方式の印字ヘッドを用いてカラー画像を形成する場合は、複数色のインク（記録液）の色別に印字ヘッドを配置してもよいし、1つの印字ヘッドから複数色のインクを吐出可能な構成としてもよい。

【発明の効果】

【0032】

本発明によれば、高粘度の液体でも液柱を引きちぎる負圧をだせるようになるため、高粘度液を微小液滴として吐出することができる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0033】

以下添付図面に従って本発明の好ましい実施の形態について詳説する。

【0034】

〔インクジェット記録装置の全体構成〕

図1は本発明の一実施形態に係るインクジェット記録装置の全体構成図である。同図に示したように、このインクジェット記録装置10は、インクの色ごとに設けられた複数の印字ヘッド12K, 12C, 12M, 12Yを有する印字部12と、各印字ヘッド12K

50

、12C、12M、12Yに供給するインクを貯蔵しておくインク貯蔵/装填部14と、記録紙16を供給する給紙部18と、記録紙16のカールを除去するデカール処理部20と、前記印字部12のノズル面(インク吐出面)に対向して配置され、記録紙16の平面性を保持しながら記録紙16を搬送する吸着ベルト搬送部22と、印字部12による印字結果を読み取る印字検出部24と、印画済みの記録紙(プリント物)を外部に排紙する排紙部26と、を備えている。

【0035】

図1では、給紙部18の一例としてロール紙(連続用紙)のマガジンが示されているが、紙幅や紙質等が異なる複数のマガジンを併設してもよい。また、ロール紙のマガジンに代えて、又はこれと併用して、カット紙が積層装填されたカセットによって用紙を供給し

10

【0036】

複数種類の記録紙を利用可能な構成にした場合、紙の種類情報を記録したバーコード或いは無線タグなどの情報記録体をマガジンに取り付け、その情報記録体の情報を所定の読取装置によって読み取ることで、使用される用紙の種類を自動的に判別し、用紙の種類に応じて適切なインク吐出を実現するようにインク吐出制御を行うことが好ましい。

【0037】

給紙部18から送り出される記録紙16はマガジンに装填されていたことによる巻きクセが残り、カールする。このカールを除去するために、デカール処理部20においてマガジンの巻きクセ方向と逆方向に加熱ドラム30で記録紙16に熱を与える。このとき、多

20

【0038】

ロール紙を使用する装置構成の場合、図1のように、裁断用のカッター(第1のカッター)28が設けられており、該カッター28によってロール紙は所望のサイズにカットされる。カッター28は、記録紙16の搬送路幅以上の長さを有する固定刃28Aと、該固定刃28Aに沿って移動する丸刃28Bとから構成されており、印字裏面側に固定刃28Aが設けられ、搬送路を挟んで印字面側に丸刃28Bが配置される。なお、カット紙を使用する場合には、カッター28は不要である。

【0039】

デカール処理後、カットされた記録紙16は、吸着ベルト搬送部22へと送られる。吸着ベルト搬送部22は、ローラ31、32間に無端状のベルト33が巻き掛けられた構造を有し、少なくとも印字部12のノズル面及び印字検出部24のセンサ面に対向する部分が水平面(フラット面)をなすように構成されている。

30

【0040】

ベルト33は、記録紙16の幅よりも広い幅寸法を有しており、ベルト面には多数の吸引孔(不図示)が形成されている。図1に示したとおり、ローラ31、32間に掛け渡されたベルト33の内側において印字部12のノズル面及び印字検出部24のセンサ面に対向する位置には吸着チャンバ34が設けられており、この吸着チャンバ34をファン35で吸引して負圧にすることによってベルト33上の記録紙16が吸着保持される。なお、吸引吸着方式に代えて、静電吸着方式を採用してもよい。

40

【0041】

ベルト33が巻かれているローラ31、32の少なくとも一方にモータ(図1中不図示、図5中符号88として記載)の動力が伝達されることにより、ベルト33は図1上の時計回り方向に駆動され、ベルト33上に保持された記録紙16は図1の左から右へと搬送される。

【0042】

縁無しプリント等を印字するとベルト33上にもインクが付着するので、ベルト33の外側の所定位置(印字領域以外の適当な位置)にベルト清掃部36が設けられている。ベルト清掃部36の構成について詳細は図示しないが、例えば、ブラシ・ロール、吸水ロール等をニップする方式、清浄エアーを吹き掛けるエアブロー方式、或いはこれらの組み

50

合わせなどがある。清掃用ロールをニップする方式の場合、ベルト線速度とローラ線速度を変えると清掃効果が大きい。

【0043】

なお、吸着ベルト搬送部22に代えて、ローラ・ニップ搬送機構を用いる態様も考えられるが、印字領域をローラ・ニップ搬送すると、印字直後に用紙の印字面をローラが接触するので画像が滲み易いという問題がある。したがって、本例のように、印字領域では画像面を接触させない吸着ベルト搬送が好ましい。

【0044】

吸着ベルト搬送部22により形成される用紙搬送路上において印字部12の上流側には、加熱ファン40が設けられている。加熱ファン40は、印字前の記録紙16に加熱空気を吹き付け、記録紙16を加熱する。印字直前に記録紙16を加熱しておくことにより、インクが着弾後乾き易くなる。

10

【0045】

印字部12は、最大紙幅に対応する長さを有するライン型ヘッドを紙送り方向と直交方向（主走査方向）に配置した、いわゆるフルライン型のヘッドとなっている（図2参照）。詳細な構造例は後述するが（図3乃至図4）、各印字ヘッド12K、12C、12M、12Yは、図2に示したように、本インクジェット記録装置10が対象とする最大サイズの記録紙16の少なくとも一辺を超える長さにはわたってインク吐出口（ノズル）が複数配列されたライン型ヘッドで構成されている。

【0046】

印字ヘッド12K、12C、12M、12Yは、記録紙16の送り方向に沿って上流側から黒（K）、シアン（C）、マゼンタ（M）、イエロー（Y）の色順に配置され、それぞれの印字ヘッド12K、12C、12M、12Yが記録紙16の搬送方向と略直交する方向に沿って延在するように固定設置される。

20

【0047】

吸着ベルト搬送部22により記録紙16を搬送しつつ各印字ヘッド12K、12C、12M、12Yからそれぞれ異色のインクを吐出することにより記録紙16上にカラー画像を形成し得る。

【0048】

このように、紙幅の全域をカバーするフルラインヘッドがインク色ごとに設けられてなる印字部12によれば、副走査方向について記録紙16と印字部12を相対的に移動させる動作を1回行うだけで（即ち、1回の副走査で）、記録紙16の全面に画像を記録することができる。これにより、印字ヘッドが主走査方向に往復動作するシャトル型ヘッドに比べて高速印字が可能であり、生産性を向上させることができる。

30

【0049】

なお、本例では、KCMYの標準色（4色）の構成を例示したが、インク色や色数の組み合わせについては本実施形態に限定されず、必要に応じて淡インク、濃インク、特別色インクを追加してもよい。例えば、ライトシアン、ライトマゼンタなどのライト系インクを吐出するインクジェットヘッドを追加する構成も可能である。また、各色ヘッドの配置順序も特に限定はない。

40

【0050】

図1に示したように、インク貯蔵/装填部14は、各印字ヘッド12K、12C、12M、12Yに対応する色のインクを貯蔵するタンクを有し、各タンクは不図示の管路を介して各印字ヘッド12K、12C、12M、12Yと連通されている。また、インク貯蔵/装填部14は、インク残量が少なくなるとその旨を報知する報知手段（表示手段、警告音発生手段）を備えるとともに、色間の誤装填を防止するための機構を有している。

【0051】

印字検出部24は、印字部12の打滴結果を撮像するためのイメージセンサを含み、該イメージセンサによって読み取った打滴画像からノズルの目詰まりその他の吐出不良をチェックする手段として機能する。

50

【 0 0 5 2 】

本例の印字検出部 2 4 は、少なくとも各印字ヘッド 1 2 K , 1 2 C , 1 2 M , 1 2 Y によるインク吐出幅よりも幅の広い受光素子列を有するラインセンサで構成される。このラインセンサは、赤 (R) の色フィルタが設けられた光電変換素子 (画素) がライン状に配列された R センサ列と、緑 (G) の色フィルタが設けられた G センサ列と、青 (B) の色フィルタが設けられた B センサ列と、からなる色分解ライン CCD センサで構成されている。なお、ラインセンサに代えて、受光素子が 2 次元配列されて成るエリアセンサを用いることも可能である。

【 0 0 5 3 】

印字検出部 2 4 は、各色の印字ヘッド 1 2 K , 1 2 C , 1 2 M , 1 2 Y により印字されたテストパターンを読み取り、各ヘッドの吐出検出を行う。吐出判定は、吐出の有無、ドットサイズの測定、ドット着弾位置の測定などで構成される。

【 0 0 5 4 】

印字検出部 2 4 の後段には、後乾燥部 4 2 が設けられている。後乾燥部 4 2 は、印字された画像面を乾燥させる手段であり、例えば、加熱ファンが用いられる。印字後のインクが乾燥するまでは印字面と接触することは避けたほうが好ましいので、熱風を吹き付ける方式が好ましい。

【 0 0 5 5 】

多孔質のペーパーに染料系インクで印字した場合などでは、加圧によりペーパーの孔を塞ぐことでオゾンなど、染料分子を壊す原因となるものと接触することを防ぐことで画像の耐候性がアップする効果がある。

【 0 0 5 6 】

後乾燥部 4 2 の後段には、加熱・加圧部 4 4 が設けられている。加熱・加圧部 4 4 は、画像表面の光沢度を制御するための手段であり、画像面を加熱しながら所定の表面凹凸形状を有する加圧ローラ 4 5 で加圧し、画像面に凹凸形状を転写する。

【 0 0 5 7 】

こうして生成されたプリント物は排紙部 2 6 から排出される。本来プリントすべき本画像 (目的の画像を印刷したもの) とテスト印字とは分けて排出することが好ましい。このインクジェット記録装置 1 0 では、本画像のプリント物と、テスト印字のプリント物とを選別してそれぞれの排出部 2 6 A、2 6 B へと送るために排紙経路を切り替える不図示の選別手段が設けられている。なお、大きめの用紙に本画像とテスト印字とを同時に並列に形成する場合は、カッター (第 2 のカッター) 4 8 によってテスト印字の部分を切り離す。カッター 4 8 は、排紙部 2 6 の直前に設けられており、画像余白部にテスト印字を行った場合に本画像とテスト印字部を切断するためのものである。カッター 4 8 の構造は前述した第 1 のカッター 2 8 と同様であり、固定刃 4 8 A と丸刃 4 8 B とから構成される。

【 0 0 5 8 】

また、図 1 には示さないが、本画像の排出部 2 6 A には、オーダー別に画像を集積するソーターが設けられる。

【 0 0 5 9 】

〔 ヘッドの構造 〕

次に、印字ヘッドの構造について説明する。インク色ごとに設けられている各印字ヘッド 1 2 K , 1 2 C , 1 2 M , 1 2 Y の構造は共通しているので、以下、これらを代表して符号 5 0 によって印字ヘッドを示すものとする。

【 0 0 6 0 】

図 3 (a) は印字ヘッド 5 0 の構造例を示す平面透視図であり、図 3 (b) はその一部の拡大図である。また、図 3 (c) は印字ヘッド 5 0 の他の構造例を示す平面透視図、図 4 は液滴吐出素子単位としてのインク室ユニットの立体的構成を示す断面図 (図 3 (a) 中の 4 - 4 線に沿う断面図) である。記録紙面上に印字されるドットピッチを高密度化するためには、印字ヘッド 5 0 におけるノズルピッチを高密度化する必要がある。本例の印字ヘッド 5 0 は、図 3 (a) ~ (c) 及び図 4 に示したように、インク滴が吐出するノズル 5 1 と、各

10

20

30

40

50

ノズル 5 1 に対応する圧力室 5 2 等からなる複数のインク室ユニット 5 3 を千鳥でマトリックス状に 2 次元配置させた構造を有し、これにより見かけ上のノズルピッチの高密度化を達成している。

【 0 0 6 1 】

即ち、本実施形態における印字ヘッド 5 0 は、図 3 (a) , (b) に示すように、インクを吐出する複数のノズル 5 1 が印字媒体 (記録紙 1 6) の送り方向と略直交する方向に印字媒体の全幅 (印字可能幅) に対応する長さ にわたって配列された 1 列以上のノズル列を有するフルラインヘッドである。

【 0 0 6 2 】

記録紙 1 6 の送り方向 (副走査方向) と略直交する方向に記録紙 1 6 の全幅に対応する長さ にわたり 1 列以上のノズル列を構成する形態は本例に限定されない。例えば、図 3 (a) の構成に代えて、図 3 (c) に示すように、複数のノズル 5 1 が 2 次元に配列された短尺のヘッドモジュール 5 0 ' を千鳥状に配列して繋ぎ合わせることで記録紙 1 6 の全幅に対応する長さのノズル列を有するラインヘッドを構成してもよい。

10

【 0 0 6 3 】

各ノズル 5 1 に対応して設けられている圧力室 5 2 は、その平面形状が概略正方形となっており (図 3 (b) 参照)、対角線上の両隅部の一方にノズル 5 1 への流出口が設けられ、他方に供給インクの流入口 (供給口) 5 4 が設けられている。なお、圧力室 5 2 の形状は、本例に限定されず、平面形状が四角形 (菱形、長方形など)、五角形、六角形その他の多角形、円形、楕円形など、多様な形態があり得る。

20

【 0 0 6 4 】

図 4 に示したように、圧力室 5 2 は供給口 5 4 を介して共通流路 5 5 と連通されている。共通流路 5 5 はインク供給源たるインクタンク (図 4 中不図示、図 1 で説明したインク貯蔵 / 装填部 1 4 と等価なもの) と連通しており、インクタンクから供給されるインクは共通流路 5 5 を介して各圧力室 5 2 に分配供給される。

【 0 0 6 5 】

圧力室 5 2 の一部の面 (図 4 において天面) を構成している加圧板 (共通電極と兼用される振動板) 5 6 には個別電極 5 7 を備えたアクチュエータ 5 8 (加圧手段) が接合されている。個別電極 5 7 に駆動電圧を印加することによってアクチュエータ 5 8 が変形して圧力室 5 2 の容積が変化し、これに伴う圧力変化によりノズル 5 1 からインクが吐出される。なお、アクチュエータ 5 8 には、チタン酸ジルコン酸鉛やチタン酸バリウムなどの圧電体を用いた圧電素子が好適に用いられる。インク吐出後、アクチュエータ 5 8 の変位が元に戻る際に、共通流路 5 5 から供給口 5 4 を通って新しいインクが圧力室 5 2 に再充填される。

30

【 0 0 6 6 】

図 4 に示すように、印字ヘッド 5 0 に備えられるノズル 5 1 は、ノズル開口部 5 1 A と、圧力室 5 2 とノズル開口部 5 1 A とを連通させる吐出側流路 5 1 B を含んだ構成を有しており、ノズル開口部の直径を D_n 、吐出側流路 5 1 B の直径を D_n (ノズル開口部 5 1 A の直径と同一)、流路長を l_n とする。なお、ノズル開口部 5 1 A の近傍をテーパ状に形成してもよいし、吐出側流路 5 1 B を異なる直径を有する複数の流路 (管路) を組み合わせてもよい。

40

【 0 0 6 7 】

また、圧力室 5 2 と共通流路 5 5 とを連通させる供給口 5 4 は、図 4 に示すように、直径 D_s 、流路長 l_s 、の円柱状形状を有している。

【 0 0 6 8 】

かかる構造を有する多数のインク室ユニット 5 3 は、図 3 (b) に示すように、主走査方向に沿う行方向及び主走査方向に対して直交しない一定の角度 θ を有する斜めの列方向とに沿って一定の配列パターンで格子状に配列させた構造になっている。主走査方向に対してある角度 θ の方向に沿ってインク室ユニット 5 3 を一定のピッチ d で複数配列する構造により、主走査方向に並ぶように投影されたノズルのピッチ P_N (主走査方向の実質的な

50

ノズル間隔)は $d \times \cos$ となる。

【0069】

即ち、主走査方向については、各ノズル51が一定のピッチPNで直線状に配列されたものと等価的に取り扱うことができる。このような構成により、主走査方向に並ぶように投影されるノズル列が1インチ当たり2400個(2400ノズル/インチ)におよぶ高密度のノズル構成を実現することが可能になる。

【0070】

本発明の実施に際してノズルの配置構造は図示の例に限定されず、主走査方向に沿う行方向及び副走査方向に沿う列方向にノズルを並べる配置構造など、様々なノズル配置構造を適用できる。

【0071】

本実施形態では、印字媒体送り方向と略直交する方向に印字媒体の全幅に対応する長さにならって配列された1列以上のノズル列を有するフルラインヘッドを示したが、本発明適用範囲はこれに限定されず、印字媒体の全幅よりも短い長さの短尺ヘッドを印字媒体の送り方向と直交する主操作方向に移動しながら、印字媒体の幅方向に沿ったドット列を形成するシリアル型(シャトルスキャン型)ヘッドにも適用可能である。

【0072】

また、本実施形態では1層の圧電体層を有する単層圧電素子を示したが(図4)、本発明は2層以上の圧電体層が積層された多層圧電素子に適用してもよい。

【0073】

更に、本実施形態では、加圧板56が共通電極として兼用される態様を示したが、加圧板56と共通電極とを別々に備えてもよい。加圧板56と共通電極とを別々に備える態様では、加圧板56に金属材料などの導電性材料を用いる場合には加圧板56と共通電極との間に絶縁層が設けられる。

【0074】

[制御系の説明]

図5はインクジェット記録装置10のシステム構成を示す要部ブロック図である。インクジェット記録装置10は、通信インターフェース70、システムコントローラ72、画像メモリ74、画像メモリ74、モータドライバ76、ヒータドライバ78、プリント制御部80、画像バッファメモリ82、ヘッドドライバ84等を備えている。

【0075】

通信インターフェース70は、ホストコンピュータ86から送られてくる画像データを受信するインターフェース部である。通信インターフェース70にはUSB、IEEE1394、イーサネット(登録商標)、無線ネットワークなどのシリアルインターフェースやセントロニクスなどのパラレルインターフェースを適用することができる。この部分には、通信を高速化するためのバッファメモリ(不図示)を搭載してもよい。ホストコンピュータ86から送出された画像データは通信インターフェース70を介してインクジェット記録装置10に取り込まれ、一旦画像メモリ74に記憶される。

【0076】

画像メモリ74は、通信インターフェース70を介して入力された画像を一旦格納する記憶手段であり、システムコントローラ72を通じてデータの読み書きが行われる。画像メモリ74は、半導体素子からなるメモリに限らず、ハードディスクなど磁気媒体を用いてもよい。

【0077】

システムコントローラ72は、中央演算処理装置(CPU)及びその周辺回路等から構成され、所定のプログラムに従ってインクジェット記録装置10の全体を制御する制御装置として機能するとともに、各種演算を行う演算装置として機能する。即ち、システムコントローラ72は、通信インターフェース70、画像メモリ74、モータドライバ76、ヒータドライバ78等の各部を制御し、ホストコンピュータ86との間の通信制御、画像メモリ74の読み書き制御等を行うとともに、搬送系のモータ88やヒータ89を制御す

10

20

30

40

50

る制御信号を生成する。

【0078】

ROM75には、システムコントローラ72のCPUが実行するプログラム及び制御に必要な各種データなどが格納されている。ROM75は、書換不能な記憶手段であってもよいし、EEPROMのような書換可能な記憶手段であってもよい。画像メモリ74は、画像データの一時記憶領域として利用されるとともに、プログラムの展開領域及びCPUの演算作業領域としても利用される。

【0079】

モータドライバ76は、システムコントローラ72からの指示にしたがってモータ88を駆動するドライバである。ヒータドライバ78は、システムコントローラ72からの指示にしたがって後乾燥部42等のヒータ89を駆動するドライバである。

【0080】

プリント制御部80は、システムコントローラ72の制御に従い、画像メモリ74内の画像データ(多値の入力画像のデータ)から打滴制御用の信号を生成するための各種加工、補正などの処理を行う信号処理機能を備えた吐出データ生成部92を有し、生成した吐出データ(ドットデータ)をヘッドドライバ84に供給する吐出駆動制御手段として機能する。

【0081】

プリント制御部80には画像バッファメモリ82が備えられており、プリント制御部80における画像データ処理時に画像データやパラメータなどのデータが画像バッファメモリ82に一時的に格納される。なお、図5において画像バッファメモリ82はプリント制御部80に付随する態様で示されているが、画像メモリ74と兼用することも可能である。また、プリント制御部80とシステムコントローラ72とを統合して1つのプロセッサで構成する態様も可能である。

【0082】

画像入力から印字出力までの処理の流れを概説すると、印刷すべき画像のデータは、通信インターフェース70を介して外部から入力され、画像メモリ74に蓄えられる。この段階では、例えば、RGBの多値の画像データが画像メモリ74に記憶される。

【0083】

インクジェット記録装置10では、インク(色材)による微細なドットの打滴密度やドットサイズを変えることによって、人の目に疑似的な連続階調の画像を形成するため、入力されたデジタル画像の階調(画像の濃淡)をできるだけ忠実に再現するようなドットパターンに変換する必要がある。そのため、画像メモリ74に蓄えられた元画像(RGB)のデータは、システムコントローラ72を介してプリント制御部80に送られ、該プリント制御部80の吐出データ生成部92においてディザ法や誤差拡散法などを用いたハーフトーン化処理によってインク色ごとのドットデータに変換される。

【0084】

すなわち、プリント制御部80は、入力されたRGB画像データをK、C、M、Yの4色のドットデータに変換する処理を行う。こうして、プリント制御部80で生成されたドットデータは、画像バッファメモリ82に蓄えられる。この色別ドットデータは、印字ヘッド50のノズルからインクを吐出するためのCMYK打滴データに変換され、印字されるインク吐出データが確定する。

【0085】

また、プリント制御部80は、印字ヘッド50のアクチュエータ58を駆動するための駆動信号波形を生成する駆動波形生成部94を備えており、該駆動波形生成部94にて生成された信号(駆動波形)は、ヘッドドライバ84に供給される。なお、駆動信号生成部94から出力される信号は、デジタル波形データであってもよいし、アナログ電圧信号であってもよい。

【0086】

ヘッドドライバ84は、プリント制御部80から与えられる吐出データ(すなわち、画

10

20

30

40

50

像バッファメモリ 82 に記憶されたドットデータ、或いは、C M Y K 打滴データ、若しくは印字されるインク吐出データ) 及び駆動波形の信号に基づき、印字内容に応じて印字ヘッド 50 の各ノズル 51 に対応するアクチュエータ 58 を駆動するための駆動信号を出力する。ヘッドドライバ 84 にはヘッドの駆動条件を一定に保つためのフィードバック制御系を含んでいてもよい。

【0087】

こうして、ヘッドドライバ 84 から出力された駆動信号が印字ヘッド 50 に加えられることによって、該当するノズル 51 からインクが吐出される。記録紙 16 の搬送速度に同期して印字ヘッド 50 からのインク吐出を制御することにより、記録紙 16 上に画像が形成される。すなわち、図 5 における駆動波形生成部 94 及びヘッドドライバ 84 の組合せが本発明の「駆動信号発生手段」に相当している。ヘッドドライバ 84 から出力される駆動信号の特徴については、更に後述する。

10

【0088】

上記のように、プリント制御部 80 における所要の信号処理を経て生成されたドットデータ及び駆動信号波形に基づき、ヘッドドライバ 84 を介して各ノズルからのインク液滴の吐出量や吐出タイミングの制御が行われる。これにより、所望のドットサイズやドット配置が実現される。

【0089】

印字検出部 24 は、図 1 で説明したように、イメージセンサを含むブロックであり、記録紙 16 に印字された画像を読み取り、所要の信号処理などを行って印字状況(吐出の有無、打滴のばらつき、光学濃度など)を検出し、その検出結果をプリント制御部 80 に提供する。なお、この印字検出部 24 に代えて、又はこれと組み合わせる他の吐出検出手段(吐出異常検出手段に相当)を設けてもよい。

20

【0090】

他の吐出検出手段としては、例えば、印字ヘッド 50 の各圧力室 52 内又はその近傍に圧力センサを設け、インク吐出時或いは圧力測定用のアクチュエータ駆動時などに、この圧力センサから得られる検出信号から吐出異常を検出する態様(内部検出方法)、或いは、レーザ発光素子などの光源と受光素子から成る光学検出系を用い、ノズルから吐出された液滴にレーザ光等の光を照射し、その透過光量(受光量)によって飛翔液滴を検出する態様(外部検出方法)などがあり得る。

30

【0091】

プリント制御部 80 は、必要に応じて印字検出部 24 或いは図示しない他の吐出検出手段から得られる情報に基づいて印字ヘッド 50 に対する各種補正を行うとともに、必要に応じて予備吐出や吸引、ワイピング等のクリーニング動作(ノズル回復動作)を実施する制御を行う。

【0092】

〔駆動信号の説明〕

次に、本実施形態に係るインクジェット記録装置 10 に適用される駆動信号について説明する。

【0093】

本例のインクジェット記録装置 10 には、一般に用いられるインクよりも高い粘度(10 ~ 50 c P 程度)を有する高粘度インクが使用され(ただし、1 c P = 0.001 P a . s)、微量の高粘度インクを短い吐出周期(すなわち、高い吐出周波数、例えば、40kHz)で吐出するように構成されている。

40

【0094】

図 6 は、アクチュエータ 58 に与えられる駆動信号の電圧波形の一例を示す波形図である。この駆動信号 100 の波形は、図 4 に示した加圧板 56 がノズル 51 と反対方向に凸形状となるようにアクチュエータ 58 を動作させ、圧力室 52 を静定状態から膨張させる第 1 の引き(pull)駆動波形要素 102 と、第 1 の引き駆動波形要素 102 によって膨張した圧力室 52 の膨張状態を保持する第 1 の引き保持波形要素 104 と、加圧板 56 をノズル

50

ル 5 1 の方向へ変形させるようにアクチュエータ 5 8 を動作させ、圧力室 5 2 を収縮させる押し (push) 駆動波形要素 1 0 6 と、押し駆動波形要素 1 0 6 によって収縮した圧力室 5 2 の収縮状態を保持する押し保持波形要素 1 0 8 と、再び圧力室 5 2 を膨張させる第 2 の引き駆動波形要素 1 1 0 と、第 2 に引き駆動波形要素 1 1 0 によって膨張した圧力室 5 2 の膨張状態を保持する第 2 の引き保持波形要素 1 1 2 と、第 2 の引き保持波形要素 1 1 2 によって膨張状態で保持された圧力室 5 2 を収縮させて静定状態に戻す静定回復波形要素 1 1 4 と、から構成される。

【 0 0 9 5 】

この駆動信号 1 0 0 の波形は、最初に引いて (pull)、その後押して (push)、更に引く (pull) 動作に対応する波形要素を少なくとも含んで構成されており、1 回目の引き動作 (プル動作) とこれに続く 1 回の押し動作 (プッシュ動作) の後に、更に 2 回目の引き動作 (プル動作) を組み合わせたプルプッシュプル (pull-push-pull) 駆動によって圧力室 5 2 内のインクがノズル 5 1 から吐出される。なお、2 回目の引き動作は、プッシュ動作によってノズル 5 1 から出たインク柱を切断する動作 (液柱を引きちぎり微小液滴化する動作) に相当する。

10

【 0 0 9 6 】

この吐出動作を行うための駆動信号 1 0 0 の波形の特徴 1 ~ 5 を以下に列記する。

【 0 0 9 7 】

〔特徴 1〕：最初に引いてから押すまでの時間 T_1 は、引いて押すのみの吐出 (プルプッシュ駆動) によって液体が最も速く吐出する時間を T_{pp} とするとき、次式、

20

$$T_{pp} - 1 [\mu s] \quad T_1 \quad T_{pp} + 1 [\mu s]$$

を満たすものとする。 T_{pp} に対して誤差 $\pm 1 \mu s$ 程度であれば、吐出することが実験的に確かめられている。この T_{pp} については後述する。

【 0 0 9 8 】

〔特徴 2〕：押した後に引くまでの時間 T_2 は、最初に引いてから押すまでの時間 T_1 以下とする ($T_2 \leq T_1$)。望ましくは、 T_2 を T_1 の近傍とし (T_2 と T_1 の差を小さくし)、更に望ましくは、 T_2 と T_1 を同一とする。

【 0 0 9 9 】

〔特徴 3〕：引いて押した後に引く量 (2 回目の引き量) V_{sPL} は、押した際の押し量 V_{ph} 以上とする ($V_{sPL} \geq V_{ph}$)。

30

【 0 1 0 0 】

図 6 では、2 回目の引き量 (電位差 V_{sPL} に相当) が押し量 (電位差 V_{ph} に相当) よりも大きい波形を示したが、図 7 に示す波形例のように、2 回目の引き量 V_{sPL} を押し量 V_{ph} と等しくする態様も可能である。なお、図 7 中、図 6 と同一又は類似する要素には同一の符号を付し、その説明は省略する。

【 0 1 0 1 】

〔特徴 4〕：2 度目に引いた状態を保持する時間 T_3 は、最初に引いてから押すまでの時間 T_1 よりも長くする。この期間 T_3 にリフィルが促進される。

【 0 1 0 2 】

〔特徴 5〕：静定回復波形要素 1 1 4 の傾きは、吐出時の押し (push) 駆動波形要素 1 0 6 の傾きよりも緩やかな傾斜とする。静定回復波形要素 1 1 4 によって液が吐出されるのを防止するためである。

40

【 0 1 0 3 】

〔印字ヘッドにおけるインク室ユニットの詳細条件〕

次に、図 4 で説明したインク室ユニット 5 3 の構造について詳説する。

【 0 1 0 4 】

印字ヘッド 5 0 は、圧力室 5 2 の圧縮性 (コンプライアンス) とノズル 5 1 及び供給口 5 4 を含む供給側流路 (以下、単に供給口 5 4 と記載することがある) の慣性 (イナータンス) との共振を利用して引き打ち (プルプッシュプル駆動) を行うことで、所定の吐出周波数が得られるように構成されている。

50

【 0 1 0 5 】

図 8 は、図 4 に示したインク室ユニット 5 3 の機能（特性）を等価電気回路に置き換えたときの集中定数モデル（集中定数回路）3 0 0 を示している。

【 0 1 0 6 】

図 8 に示す集中定数モデル 3 0 0 において、 M_n はノズル 5 1 のイナータンス、 R_n はノズル 5 1 の抵抗、 M_s は供給口 5 4 のイナータンス、 R_s は供給口 5 4 の抵抗、 C_i は圧力室 5 2 の持つコンプライアンス、 C_a はアクチュエータ 5 8 の持つコンプライアンスであり、それぞれ以下の式で表される。

【 0 1 0 7 】

【数 3】

$$M_n = \rho \times \frac{l_n}{A_n}$$

10

【 0 1 0 8 】

【数 4】

$$R_n = 8 \times \pi \times \nu \times \frac{l_n}{A_n^2}$$

20

【 0 1 0 9 】

【数 5】

$$M_s = \rho \times \frac{l_s}{A_s}$$

【 0 1 1 0 】

【数 6】

$$R_s = 8 \times \pi \times \nu \times \frac{l_s}{A_s^2}$$

30

【 0 1 1 1 】

【数 7】

$$C_i = \frac{V}{\rho \times c^2}$$

40

【 0 1 1 2 】

【数 8】

$$C_a = \frac{X}{P}$$

【 0 1 1 3 】

ここで、 ρ はインクの密度、 ν はインクの粘度、 l_n はノズル 5 1 の流路長（図 4 に図示）、 A_n はノズル 5 1 の面積（断面積）、 r_n はノズル 5 1 の半径（図 4 にはノズル 5 1 の直径 D_n を図示）、 l_s は供給口 5 4 の流路長（図 4 に図示）、 A_s は供給口 5 4 の面

50

積（断面積）、 V は圧力室52の体積、 c はインク中の音速、 P は排除体積が X のときのアクチュエータ58の発生圧力、 X は発生圧力が P のときのアクチュエータ58の排除体積である。

【0114】

なお、ノズル51の表面張力によるコンプライアンス C_n は圧力室52のコンプライアンス C_i と比較して十分に小さく、ほとんど無視できる程度の容量成分である。したがって、図8に示す集中定数モデル300に示す系では C_n が省略されている。また、ここで言う排除体積 X はノズル51から外部に吐出されるインクの体積 V_1 と、供給側に戻るインクの体積 V_2 と、加圧されることによって圧縮されたインクの体積 V_3 と、の合計（ $V_1 + V_2 + V_3$ ）である。

10

【0115】

図8における u_n はノズル51内を流れるインクの体積速度、 u_i は圧力室52内を流れるインクの体積速度、 u_s は供給口54内を流れるインクの体積速度を示し、 P はアクチュエータ58を動作させたときの系全体にかかる圧力である。

【0116】

図8に示す集中定数モデル300の微分方程式は、以下の式で表される。

【0117】

【数9】

$$\Phi = \frac{1}{C_a} \times \int (u_n + u_i + u_s) dt + \frac{1}{C_i} \times \int u_i dt$$

20

【0118】

【数10】

$$\frac{1}{C_i} \times \int u_i dt = R_n \times u_n + M_n \times \frac{du_n}{dt}$$

【0119】

【数11】

$$\frac{1}{C_i} \times \int u_i dt = R_s \times u_s + M_s \times \frac{du_s}{dt}$$

30

【0120】

また、ノズル51にかかる圧力 P_n （ノズル51のイナータンス M_n とノズル51の流体抵抗 R_n が作用して得られる力）は、次式で表される。

【0121】

【数12】

$$P_n = R_n \times u_n + M_n \times \frac{du_n}{dt}$$

40

【0122】

入力波形を矩形push波（図9に示すような、ステップ関数400）として、上記の連立微分方程式を解くと、ノズル51内のインクの体積速度 u_n は下記の式（〔数13〕）で表され、ノズル部の圧力 P_n は下記の式（〔数14〕）で表される。なお、微分方程式の解法は公知であるため、本明細書ではその説明を省略する。

【0123】

【数13】

$$U_n = \frac{C_a \times P_0}{M_n \times C \times E} \times \exp(-D \times t) \times \sin(E \times t)$$

50

【 0 1 2 4 】

【 数 1 4 】

$$P_n(t) = \frac{C_a \times P_0}{C \times E} (D \times \sin(E \times t) + E \times \cos(E \times t)) \times \exp(-D \times t)$$

【 0 1 2 5 】

ここで、C, D, E はそれぞれ、以下の式で表される。

【 0 1 2 6 】

【 数 1 5 】

$$C = C_a + C_i$$

10

【 0 1 2 7 】

【 数 1 6 】

$$D = \frac{R}{2 \times M}$$

【 0 1 2 8 】

【 数 1 7 】

$$E = \frac{1}{2 \times C \times M} \times \sqrt{4 \times M \times C - R^2 \times C^2}$$

20

【 0 1 2 9 】

ただし、上記に示す M, R は以下の式を満たす定数である。

【 0 1 3 0 】

【 数 1 8 】

$$M = \frac{M_n \times M_s}{M_n + M_s}$$

【 0 1 3 1 】

【 数 1 9 】

$$R = \frac{R_n \times R_s}{R_n + R_s}$$

30

【 0 1 3 2 】

また、 P_0 はアクチュエータ駆動時に系全体にかかる圧力（図 8 の ）の大きさ（絶対値）を表す。

【 0 1 3 3 】

式（〔数 1 4〕）で示した $P_n(t)$ を微分し時間変化を調べると、 $t = n \times (/ E)$ で極値をとることが分かる（ただし、 n は整数とする）。

40

【 0 1 3 4 】

$n = 0, 1$ のときを考えると、それぞれ、以下の式で表される。

【 0 1 3 5 】

【 数 2 0 】

$$t=0 \text{ のとき } P_n = \frac{C_a \times P_0}{C}$$

【 0 1 3 6 】

【数 2 1】

$$t = \frac{\pi}{E} \text{ のとき } P_n = -\frac{C_a \times P_0}{C} \times \exp\left(-\frac{D \times \pi}{E}\right)$$

【0 1 3 7】

圧力減衰が激しいということは、 $t = \pi / E$ における圧力（絶対値）が小さいということである。この具体的な量は、2回目の極値（絶対値）が最初の極値（絶対値）の $1/e$ 以下になる場合と規定することができる。したがって、この条件を式で表すと、

【0 1 3 8】

【数 2 2】

$$|P_n(0)| \geq e |P_n(\pi/E)|$$

【0 1 3 9】

となる。式（〔数 2 0〕，〔数 2 1〕）を用いて書き直すと次式となる。

【0 1 4 0】

【数 2 3】

$$1 \geq \exp\left(1 - \frac{D \times \pi}{E}\right)$$

【0 1 4 1】

これは、次式に書き直すことができる。

【0 1 4 2】

【数 2 4】

$$1 \leq \frac{D \times \pi}{E}$$

【0 1 4 3】

また、式（〔数 1 6〕，〔数 1 7〕）の関係を用いて書き直すと、次式となる。

【0 1 4 4】

【数 2 5】

$$\sqrt{\frac{4}{1+\pi^2}} \sqrt{\frac{M}{C}} \leq R$$

【0 1 4 5】

その一方で、圧力変動が減衰振動するための条件として、 D ， E が正という条件があることから、次式が得られる。

【0 1 4 6】

【数 2 6】

$$2 \sqrt{\frac{M}{C}} \geq R$$

【0 1 4 7】

上記条件を整理すると、次式を得る。

【0 1 4 8】

10

20

30

40

【数 27】

$$\frac{1}{\sqrt{1+\pi^2}} \sqrt{\frac{\rho l_n l_s}{(l_n A_s + l_s A_n) \left(\frac{V}{\rho c^2} + \frac{X}{P} \right)}} \leq 4\pi\nu \frac{l_n l_s}{l_n A_s^2 + l_s A_n^2} \leq \sqrt{\frac{\rho l_n l_s}{(l_n A_s + l_s A_n) \left(\frac{V}{\rho c^2} + \frac{X}{P} \right)}}$$

【0149】

以上のことから、上記を満たすようなヘッドの設計を行うことによって、本発明のような駆動波形による微小液滴の吐出が可能となる。

【0150】

ここで、入力波形を図10に示すような矩形波のpull-push波形とした場合に、最大の吐出力が得られる条件を考察する。 10

【0151】

ステップ入力における体積速度の式（〔数13〕）から、図10のようなpull-push波形における体積速度は、以下の式で表される。

【0152】

【数28】

$$u_{na}(t) = \begin{cases} -u_n(t) & t < t_0 \\ -u_n(t) + u_n(t-t_0) & t \geq t_0 \end{cases}$$

20

【0153】

吐出領域は、 $t \geq t_0$ なのでこの範囲で考えると、次式となる。

【0154】

【数29】

$$\begin{aligned} u_{na}(t) &= -u_n(t) + u_n(t-t_0) \\ &= \frac{C_a \cdot P_0}{M_n \cdot C \cdot E} [-\exp(-Dt) \cdot \sin(Et) + \exp\{-D(t-t_0)\} \cdot \sin\{E(t-t_0)\}] \end{aligned}$$

30

【0155】

図10におけるpullの波形要素412によって生じる体積速度の関数（ $-u_n(t)$ ）に対して、pushの波形要素414によって生じる体積速度の関数（ $u_n(t-t_0)$ ）が固有振動周期 $T_e = 2\pi / E$ の半周期（ π / E ）だけ位相がずれていれば、両者は強め合って最大の吐出力が得られる。したがって、式（〔数29〕）において、 $t_0 = \pi / E$ とすればよい。つまり、引いて押すのみの吐出（矩形波プルプッシュ駆動）によって液体が最も速く吐出する時間 T_{pp} は、固有振動周期 T_e の半周期、つまり、上述した $t_0 = \pi / E$ である。

【0156】

〔ヘッド設計例〕

40

図11に印字ヘッドの設計例を示した。圧力室は一辺300 μm の正方形の平面形状を有し、高さが125 μm とした。供給口は断面積の長い一辺を60 μm 、短い一辺を30 μm とし、長さ（供給口の流路長）を200 μm とした。ノズルは、直径20 μm 、長さ20 μm の円管とした。アクチュエータの特性としては、駆動電圧印加時（印加電圧波高値：30V）の発生圧力が2MPa、排除体積が20pL（ピコリットル）、共振点は1MHzとした。使用するインクの粘度は20cP、表面張力は30mN/mとした。

【0157】

上述した条件で設計されたヘッドに対して、図6及び図7に例示した駆動信号100を用いて吐出駆動を行うことにより、1.8pL（ピコリットル）の液滴が7m/sで吐出される。

50

【0158】

図示の条件は、一例であり、本発明の実施に際して、この条件に限定されるものではない。図示のヘッド設計において高粘度吐出可能な粘度の範囲は、17～35cPである。例えば、粘度20cPにおけるヘッド設計の数値範囲としては、図示のヘッド設計値をベースとした際に、圧力室の高さを100～125 μ mの範囲で変更可能である。また、供給口の断面積の長い1辺を60～80 μ mの範囲で変更可能である。

【0159】

なお、図示の数値から圧力室の高さ、又は供給口の断面積の長い一辺の値を変更する場合は、どちらか片方の変更を容認するものであり、同時に両方の値を変更すると吐出困難となる。

【0160】

また、粘度15cPにおけるヘッド設計としては、例えば、圧力室：300×300×100 μ m、供給口：40×30 μ m、長さ200 μ mという設計が考えられる（他のパラメータは図11の例と同じ）。この場合の変更設計の例としては、圧力室の高さを100～125 μ mの範囲で変更可能であり、供給口の断面積の長い一辺を30～40 μ mの範囲で変更可能である。

【0161】

上述の説明では、液体吐出装置の一例としてインクジェット記録装置を例示したが、本発明の適用範囲はこれに限定されず、被吐出媒体上に液を吐出させて被吐出媒体上に付着させる様々な用途の液体吐出装置（画像形成装置、塗装装置、塗布装置、噴射装置、配線形成装置など）について本発明を適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0162】

【図1】本発明の一実施形態に係るインクジェット記録装置の全体構成図

【図2】図1に示したインクジェット記録装置の印字部周辺の要部平面図

【図3】図1に示したインクジェット記録装置の印字ヘッドの構成を示す平面透視図

【図4】図3に示した印字ヘッドの立体構造を示す図

【図5】本例のインクジェット記録装置のシステム構成を示す要部ブロック図

【図6】駆動信号の一例を示す波形図

【図7】駆動信号の他の例を示す波形図

【図8】図3及び図4に示した印字ヘッドの集中定数モデルを示す図

【図9】ノズル内のインクの体積速度を求める際の入力圧力の例を示す図

【図10】ノズル内のインクの体積速度を求める際の入力圧力の他の例を示す図

【図11】ヘッドの設計例を示した図表

【符号の説明】

【0163】

10...インクジェット記録装置、12...印字部、12K, 12C, 12M, 12Y...印字ヘッド、16...記録紙、50...印字ヘッド、51...ノズル、52...圧力室、54...供給口、55...共通流路、58...アクチュエータ、72...システムコントローラ、80...プリント制御部、85...駆動信号生成部、100...駆動信号、102...第1の引き駆動波形要素、104...第1の引き保持波形要素、106...押し駆動波形要素、108...押し保持波形要素、110...第2の引き駆動波形要素、112...第2の引き保持波形要素、114...静定回復波形要素

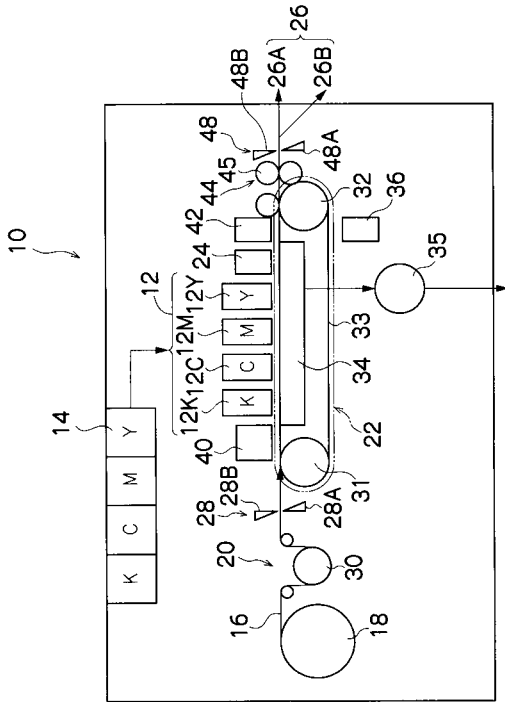
10

20

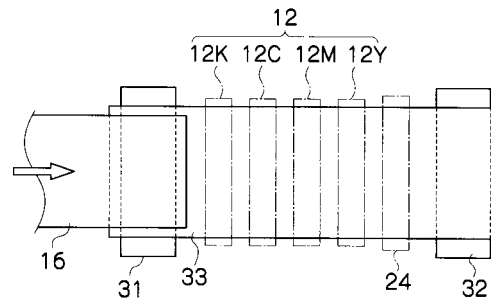
30

40

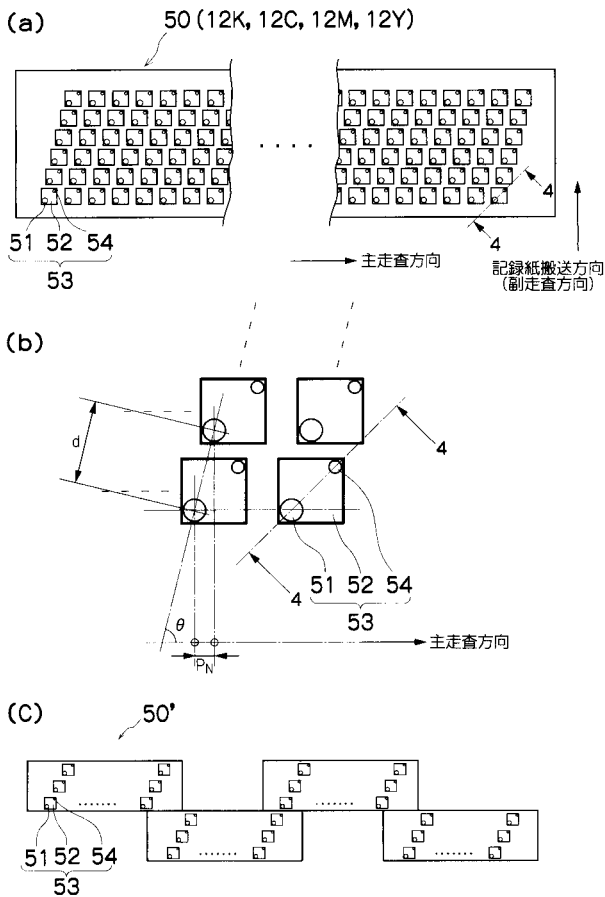
【 図 1 】



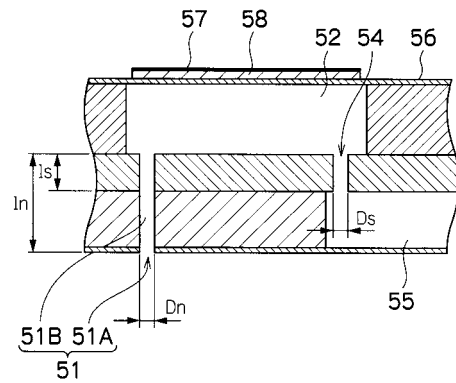
【 図 2 】



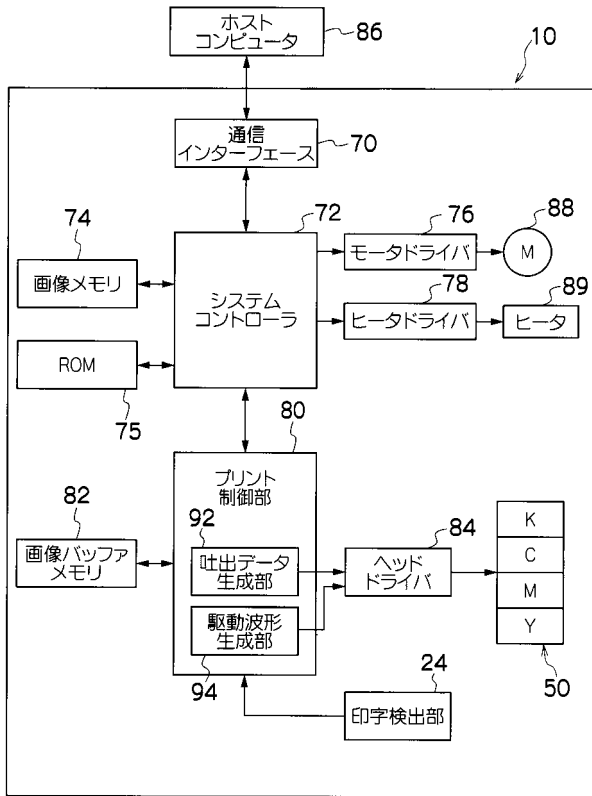
【 図 3 】



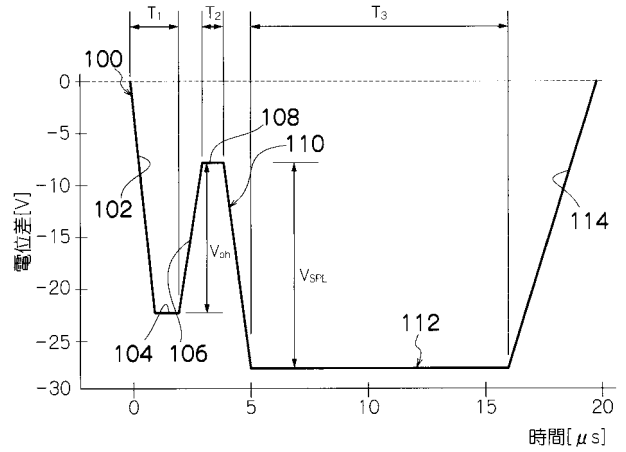
【 図 4 】



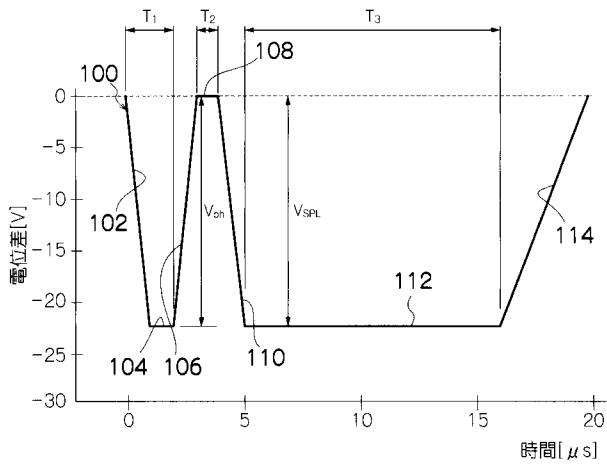
【 図 5 】



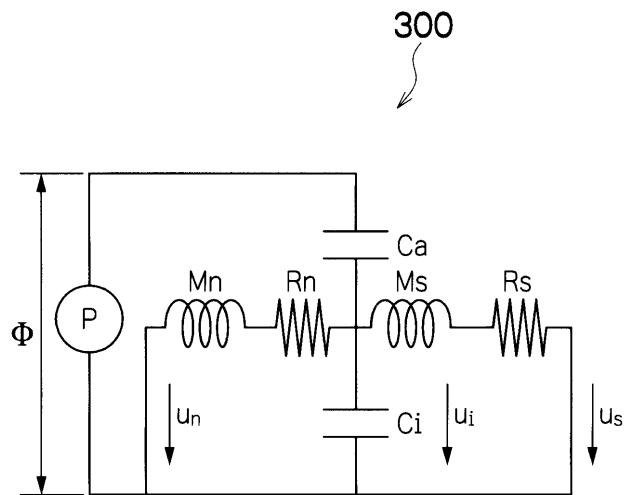
【 図 6 】



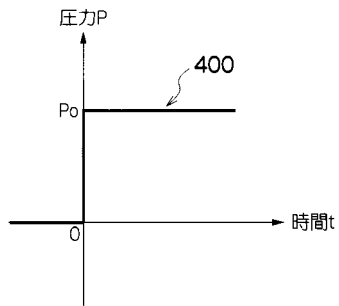
【 図 7 】



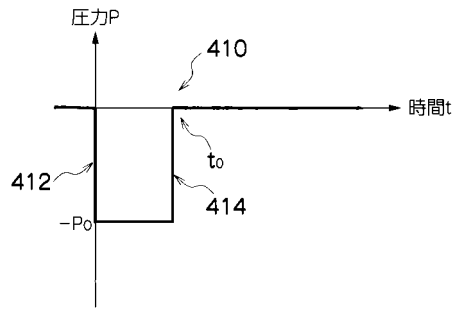
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 11 】

圧力室	$300 \times 300 \times 125 \mu\text{m}$
供給口	$60 \times 30 \mu\text{m}$, 長 $200 \mu\text{m}$
ノズル	$\phi 20 \mu\text{m}$, 長 $200 \mu\text{m}$
アクチュエータ	2MPa~20pI(30V), 共振点 1MHz
粘度	20cP
表面張力	30mN/m