

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第2部門第4区分

【発行日】平成22年9月9日(2010.9.9)

【公開番号】特開2009-166242(P2009-166242A)

【公開日】平成21年7月30日(2009.7.30)

【年通号数】公開・登録公報2009-030

【出願番号】特願2008-1268(P2008-1268)

【国際特許分類】

B 4 1 J 2/045 (2006.01)

B 4 1 J 2/055 (2006.01)

【F I】

B 4 1 J 3/04 103 A

【手続補正書】

【提出日】平成22年7月28日(2010.7.28)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

液体供給路を介して液体が供給されるとともに前記液体を噴射するノズル開口が形成されている圧力発生室と、この圧力発生室内に圧力変化を生じさせる圧力発生手段とを具備し、

前記液体供給路のイナータンス及び流路抵抗をそれぞれM₁, R₁とし、前記ノズル開口のイナータンス及び流路抵抗をそれぞれM₂, R₂とするとき、

M₂ < M₁で、且つR₂ > 2 × R₁の関係が成立するように構成したことを特徴とする液体噴射ヘッド。

【請求項2】

前記液体は、その粘度が8.0(mPa·s)以上であることを特徴とする請求項1に記載する液体噴射ヘッド。

【請求項3】

前記液体は、その粘度が8.0(mPa·s)以上且つ20.0(mPa·s)以下であることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載する液体噴射ヘッド。

【請求項4】

前記流路抵抗R₁、R₂の関係が、3 × R₁ / R₂ = 20 × R₁であることを特徴とする請求項1乃至請求項3の何れか一項に記載する液体噴射ヘッド。

【請求項5】

前記液体供給路の断面積をS₁とし、前記ノズル開口の液体吐出口の断面積をS₂とするとき、

S₂ < S₁の関係が成立するように構成したことを特徴とする請求項1乃至請求項4の何れか一項に記載する液体噴射ヘッド。

【請求項6】

請求項1乃至請求項5の何れか一項に記載する液体噴射ヘッドを具備することを特徴とする液体噴射装置。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】液体噴射ヘッド及びこれを有する液体噴射装置

【技術分野】

【0001】

本発明は液体噴射ヘッド及びこれを有する液体噴射装置に関し、特に高粘度の液体を用いる場合に適用して有用なものである。

【背景技術】

【0002】

液体噴射装置としては、例えば圧電素子からなる圧力発生手段によりインク滴吐出のための圧力を発生させる複数の圧力発生室と、共通のリザーバから各圧力発生室に個別にインクを供給するインク供給路と、各圧力発生室に形成されてインク滴を吐出するノズル開口とを備えたインクジェット式記録ヘッドを具備するインクジェット式記録装置がある。かかるインクジェット式記録装置では、印字信号に対応するノズルと連通した圧力発生室内のインクに吐出エネルギーを付与してノズル開口からインク滴を吐出させている。

【0003】

この種のインクジェット式記録装置で所定の文字、図形等を印刷する印刷対象は、最近、従来からの紙だけでなく、プラスチック、ガラス等、多岐に亘ってきている。ところが、紙等を対象とした旧来のインクではプラスチック等のインク吸収性が低い印刷対象には十分対応できない。すなわち、紙を対象としたインクを用いて、例えばプラスチックに印刷した場合、紙を対象としたインクの粘度（例えば、常温で $3.5 \text{ (mPa \cdot s)}$ 程度）はプラスチックに印刷するインクとしては粘度が低すぎ、インク滴が印刷対象に着弾後、流れてしまうという問題を生起する。

【0004】

そこで、プラスチック等、吸収性が小さい印刷対象に印刷を行なう場合には高粘度（例えば、常温で $10.0 \text{ (mPa \cdot s)}$ 程度）のインクを使用していた。ただ、従来では高粘度のインクを使用するだけで、インクジェット式記録ヘッドの構造自体は何の変更もしていなかった。すなわち、この種のインクジェット式記録ヘッドにおけるインクの吐出特性に影響を及ぼす物理量であるインク供給路及びノズル開口のイナータンス及び流路抵抗はインク供給路及びノズル開口においてそれぞれ同程度の値をもつ構造のものとしていた。

【0005】

なお、上述のイナータンス乃至流路抵抗を考察した従来技術として特許文献1を挙げることができる。

【0006】

【特許文献1】特開2006-290000号公報（図1、[0022]乃至[0027]）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、従来技術に係るインクジェット式記録ヘッドで高粘度のインクを用いて印刷を行なった場合、ノズル開口から吐出されるインク滴の量が少なくなり印刷品質に悪影響を及ぼすだけでなく、吐出後のメニスカス挙動も戻りが遅いため、インクの吐出周期が長くなるという問題を生起しており、高速印刷の阻害要因となっている。

【0008】

図24は従来技術に係るインクジェット式記録ヘッドを用いて所定のインクを吐出させ、このときのメニスカス挙動をシミュレートした場合の特性図で、（a）はインクの粘度が $5.0 \text{ (mPa \cdot s)}$ の場合、（b）はインクの粘度が $10.0 \text{ (mPa \cdot s)}$ の場合をそれぞれ示している。同図中、横軸が時間（ μs ）、縦軸がインクの吐出重量（ ng ）

である。なお、この場合のインクの粘度は、吐出時のインク温度における粘度である。

【0009】

また、当該インクジェット式記録ヘッドの他の諸元は次の通りである。

【0010】

ノズル開口の径 = $2.4 \mu m$ 、インク供給路のイナータンス $M_1 = 1.5 \times 10^8 (kg/m^4)$ 、ノズル開口のイナータンス $M_2 = 1.4 \times 10^8 (kg/m^4)$ 、インク供給路の流路抵抗 $R_1 = 2.0 \times 10^{13} (Pa \cdot s/m^3)$ 、ノズル開口の流路抵抗 $R_2 = 2.1 \times 10^{13} (Pa \cdot s/m^3)$ 。

【0011】

なお、イナータンス M_1, M_2 及び流路抵抗 R_1, R_2 は何れもインクの粘度が $5.0 (mPa \cdot s)$ の場合のものである。

【0012】

図24を参照すれば、同図(a)に示すインクの粘度が $5.0 (mPa \cdot s)$ の場合、 $12 (ng)$ のインク滴を吐出し、吐出後の戻りも十分速いが、同図(b)に示すインクの粘度が $10.0 (mPa \cdot s)$ の場合、 $10 (ng)$ のインク滴しか吐出できず、吐出後の戻りも非常に遅いことが分かる。

【0013】

なお、このような問題は、インクを吐出するインクジェット式記録ヘッドだけでなく、インク以外の液体を噴射する液体噴射ヘッドにおいても同様に存在する。特に印刷以外の工業用途に用いられる液体ヘッドでは、高粘度の液体を噴射させる機会が多く、上記問題が顕在化する。

【0014】

本発明は、上記従来技術に鑑み、高粘度の液体を用いた場合でも十分な吐出量を確保し得るとともに、吐出後のメニスカス挙動も良好なものとして印刷の高速化に資することができる液体噴射ヘッド及びこれを有する液体噴射装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0015】

上記目的を達成する本発明の態様は、

液体供給路を介して液体が供給されるとともに前記液体を噴射するノズル開口が形成されている圧力発生室と、この圧力発生室内に圧力変化を生じさせる圧力発生手段とを具備し、

前記液体供給路のイナータンス及び流路抵抗をそれぞれ M_1, R_1 とし、前記ノズル開口のイナータンス及び流路抵抗をそれぞれ M_2, R_2 とするとき、

$M_2 < M_1$ で、且つ $R_2 > 2 \times R_1$ の関係が成立するように構成したことを特徴とする液体噴射ヘッドにある。

本態様によれば、液体の吐出特性が液体供給路のイナータンスとノズル開口のイナータンスとの比率に基づいて変化するという周知の知見に加え、さらに両者の流路抵抗を適正な関係として液体供給路及びノズル開口の構造を決定しているので、高粘度の液体を用いた場合でも十分な液体の吐出量を確保し得るとともに、吐出後のメニスカスの戻りも良好なものとすることができる。この結果、高粘度液体を用いた場合の印刷の印刷品質を良好に保持するとともに、印刷の高速化にも資することができる。

【0016】

ここで、上記液体噴射ヘッドは、その液体の粘度が $8.0 (mPa \cdot s)$ 以上のものを使用した場合にさらに好適なものとなる。この場合には、表面が平滑で吸収性のないプラスチック等にも所望の良好な印刷を行うことができる。特に、前記液体は、その粘度が $8.0 (mPa \cdot s)$ 以上且つ $20.0 (mPa \cdot s)$ 以下であることが望ましい。この場合には、十分な液体の吐出量を確保し得るとともに、吐出後のメニスカスの戻りも良好なものとすることができるからである。また、前記流路抵抗 R_1, R_2 の関係は、 $3 \times R_1 < R_2 < 20 \times R_1$ であることが望ましい。同様に、十分な液体の吐出量を確保し得るとともに、吐出後のメニスカスの戻りも良好なものとすることができるからである。

【0017】

さらに、上記液体噴射ヘッドは、前記液体供給路の断面積を S_1 とし、前記ノズル開口の液体吐出口の断面積を S_2 とするとき、 $S_2 < S_1$ の関係が成立するよう構成することが好ましい。この場合には、前記イナータンス M_1 、 M_2 及び流路抵抗 R_1 、 R_2 を容易に上述の如き所定の関係にすることができる。

【0018】

本発明の他の態様は、上述のごとき各液体噴射ヘッドを具備する液体噴射装置にある。

本態様によれば、表面が平滑で吸収性のないプラスチック等に所望の印刷を行う印刷装置として特に有用なものとなる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

以下に本発明の実施の形態を図面に基づき詳細に説明する。

<第1の実施の形態>

図1(a)は、本発明の実施の形態に係る液体噴射ヘッドの一例であるインクジェット式記録ヘッドの圧力発生室の短手方向の断面図であり、図1(b)は、液体噴射ヘッドの一例であるインクジェット式記録ヘッドの圧力発生室の長手方向断面図である。両図に示すように、流路形成基板50はシリコン単結晶基板からなり、その一方側の表層部分には、複数の隔壁51によって画成された圧力発生室52がその幅方向(短手方向)に並設されている。また、各圧力発生室52の長手方向一端部側には、各圧力発生室52に液体の一種であるインクを供給するためのリザーバ53が液体供給路の一種であるインク供給路54を介して連通されている。また、流路形成基板50の圧力発生室52の開口面側は振動板55で封止され、他方面側にはノズル開口56が穿設されたノズルプレート57が接着剤や熱溶着フィルムを介して接着されている。

【0020】

振動板55上には、図示しない複数のインクカートリッジに接続されるインク供給路を有するヘッドケース58が固定されており、且つこのヘッドケース58には、圧電素子ユニット10が高精度に位置決めされて固定されている。すなわち、ヘッドケース58は、貫通した収容部58aが設けられており、この収容部58aの一方の内面に圧電素子ユニット10が、各圧電素子11の先端が振動板55上の各圧力発生室52に対応する領域に設けられた各アイランド部59に当接させて固定されている。

【0021】

かかるインクジェット式記録ヘッドでは、駆動信号の供給に伴う圧電素子11の変位により、振動板55を介して圧力発生室52に圧力変動を生起させ、この圧力変動により圧力発生室52内に充填されているインクをノズル開口56から吐出させる。ここで、インクはリザーバ53から各インク供給路54を介して各圧力発生室52に供給される。そして、このときのインクの吐出特性は、インク供給路54及びノズル開口56のイナータンス及び流路抵抗により規定される。

【0022】

本形態では、インク供給路54及びノズル開口56のイナータンスをそれぞれ M_1 、 M_2 とし、インク供給路54及びノズル開口56の流路抵抗をそれぞれ R_1 、 R_2 とするとき、 $M_2 < M_1$ で、且つ $R_2 > 2 \times R_1$ の関係が成立するよう構成してある。また、使用するインクの粘度は、8.0(mPa·s)以上、さらに好ましくは10.0(mPa·s)以上の高粘度のものを使用する。また、インク供給路54及びノズル開口56等の寸法は図2に示す通りである。ここで、図2(a)はインク供給路54、圧力発生室52及びノズル開口56部分を抽出して示す模式図、図2(b)はノズル開口56部分を拡大して示す断面図である。図2(a)に示すように、インク供給路54は、その長さが600μm、幅が55μm、高さが80μmである。また、圧力発生室52の長さは1000μmである。ノズルは、図2(b)に示すように、先端に向けて径が徐々に小さくなる80μmのテーパ部を有しており、このテーパ部の先端に連続させて円筒形状のノズル開口56が形成されている。このノズル開口56の径が25μmである。また、前記ノズル開

□56部分の高さが $20\mu m$ 、前記円筒形状部分とテーパ部とを合わせたノズル部の厚さが $80\mu m$ である。

【0023】

ここで、代表的なイナータンス及び流路抵抗の求め方を説明しておく。図3(a)に示すように、流路が中空直方体である場合、そのイナータンス $M_{直} = (1/w h)$ 、流路抵抗 $R_{直} = (12\mu l / wh^3)$ となる。また、図3(b)に示すように、流路が円筒体である場合、そのイナータンス $M_{円} = (1/r^2)$ 、流路抵抗 $R_{円} = (8\mu l / r^4)$ となる。なお、上式中、 μ はインクの粘度、 ρ はインクの密度である。

【0024】

したがって、インク供給路54の形状が中空直方体で近似できる場合は、前記イナータンス $M_{直}$ 及び流路抵抗 $R_{直}$ を求める式を利用してそのイナータンス M_1 及び流路抵抗 R_1 を求めることができ、またノズル開口56の形状が円筒体で近似できる場合は、前記イナータンス $M_{円}$ 及び流路抵抗 $R_{円}$ を求める式を利用してそのイナータンス M_2 及び流路抵抗 R_2 を求めることができる。なお、このような近似ができない場合でも、積分を利用することにより同様の演算で所望のイナータンス M_1 , M_2 及び流路抵抗 R_1 , R_2 を求めることができる。

【0025】

なお、上述の如き所定の関係は、インク供給路54の流路断面積を S_1 とし、ノズル開口56のインク吐出口の流路断面積を S_2 とするとき、 $S_2 < S_1$ の関係が成立するよう構成することで容易に実現し得る。

【0026】

図4は圧電素子ユニットを抽出して示す斜視図、図5は、図4の平面図及びそのA-A線断面図である。ここで、圧電素子ユニット10について、図4及び図5を追加してさらに詳細に説明する。

【0027】

図4及び図5に示すように、当該圧電素子ユニット10は、複数の圧電素子11がその幅方向に並設された列12を有する圧電素子形成部材13と、圧電素子形成部材13の先端部(一端部)側が自由端となるようにその基端部(他端部)側が接合される固定基板14とを有する。ここで、圧電素子形成部材13は、圧電材料層15と、圧電素子11の2つの極を構成する内部電極、すなわち隣接する圧電素子11と電気的に独立する個別電極を構成する個別内部電極16と、隣接する圧電素子11と電気的に共通する共通電極を構成する共通内部電極17とを交互に挟んで積層することにより形成されている。

【0028】

また、圧電素子形成部材13には、例えばワイヤソー等によって複数のスリット18が形成され、その先端部側が櫛歯状に切り分けられて圧電素子11の列12が形成されている。なお、圧電素子11の列12の両外側には、各圧電素子11よりも広い幅を有する位置決め部19が設けられている。この位置決め部19は、圧電素子ユニット10をインクジェット式記録ヘッドに組み込む際に、圧電素子ユニット10を高精度に位置決めするためのものである。

【0029】

ここで、各圧電素子11の個別電極となる個別内部電極16は、基本的には圧電素子形成部材13の略全面に亘って設けられているが、固定基板14の端面近傍に対向する領域で先端部側と基端部側とに分離してある。一方、共通電極となる共通内部電極17も基本的に圧電素子形成部材13の略全面に亘って設けられているが、個別内部電極16と同様に、圧電素子11の先端部近傍で分離してある。すなわち、圧電素子11の固定基板14に接合される領域は、振動に寄与しない不活性領域となっており、圧電素子11を構成する個別内部電極16及び共通内部電極17間に電圧を印加すると、固定基板14に接合されていない先端部側の領域のみが振動する。

【0030】

また、圧電素子形成部材13の外表面には、個別内部電極16及び共通内部電極17と

接続される外部電極 20 が形成されている。また、圧電素子形成部材 13 の少なくとも圧電素子 11 の列 12 に対応する領域の基端部側には、外部電極 20 が存在しない電極非形成部 21 が存在する。

【0031】

そして、複数のスリット 18 は、この電極非形成部 21 に対向する領域に達する長さで形成され、外部電極 20 が、このスリット 18 及び電極非形成部 21 によって分離され、隣接する圧電素子 11 と電気的に独立する個別外部電極 22 と、隣接する圧電素子と電気的に共通する共通外部電極 23 とを構成している。

【0032】

具体的には、外部電極 20 は、各圧電素子 11 に対向する部分と位置決め部 19 に対向する部分とに分離され、各圧電素子 11 に対向する領域の外部電極 20 が、圧電素子形成部材 13 の先端部で圧電素子 11 の個別電極を構成する個別内部電極 16 と電気的に接続される個別外部電極 22 を構成している。一方、圧電素子 11 の列 12 の両側に設けられた位置決め部 19 上の外部電極 20 が、圧電素子形成部材 13 の基端部側の端面で各圧電素子 11 の共通電極を構成する共通内部電極 17 と接続される共通外部電極 23 を構成している。

【0033】

すなわち、圧電素子ユニット 10 では、圧電素子形成部材 13 の固定基板 14 に接合された部分の反対側の面に、個別外部電極 22 が並設されると共に、個別外部電極 22 の並設方向両側で位置決め部 19 に対向する領域に共通外部電極 23 が存在する。これにより、圧電素子ユニット 10 と後述する配線基板とを比較的容易に接続することができ、且つ圧電素子ユニット 10 の小型化を図ることができる。

【0034】

このような圧電素子ユニット 10 は、図 1 に示すように、固定基板 14 が、圧電素子形成部材 13 が固定された面とは反対側の面がヘッドケース 58 の収容部 58a に固定される。そして圧電素子ユニット 10 には、各圧電素子 11 を駆動するための信号を供給するフィルム状の配線基板 30 が接続されている。

【0035】

配線基板 30 は、圧電素子 11 の個別外部電極 22 と共に外部電極 23 とに接続される接続配線 33 を有している。各圧電素子 11 を駆動する駆動信号を供給する駆動 I C 31 は、配線基板 30 上に実装されている。配線基板 30 としては、例えば T A B テープなどのテープキャリアパッケージ (T C P) などを好適に適用し得る。すなわち、配線基板 30 は、ポリイミド等のベースフィルム 32 の表面に銅箔等で所定パターンの導電層を形成し、導電層をメッキすることで接続配線 33 を形成した後、接続配線 33 の圧電素子 11 及び後述する端子部と接続される領域及び駆動 I C 31 の端子が接続される領域以外をレジスト等の絶縁膜 34 で覆ったものとして構成することができる。ここで、駆動 I C 31 は、配線基板 30 に実装された後、接続配線 33 を覆う絶縁膜 34 で覆われている。

【0036】

かかる配線基板 30 は、駆動 I C 31 が固定基板 14 に相対向する面側となり、且つ駆動 I C 31 が配線基板 30 の幅方向の中央領域となるように配置されている。そして、接続配線 33 の一端部と、圧電素子 11 の固定基板 14 が固定された端部側の個別外部電極 22 及び共通外部電極 23 とは、例えば接続配線 33 の表面及び個別外部電極 22 及び共通外部電極 23 の表面にスズ (S n) - ビスマス (B i) 合金等の金属を形成後、両者を当接させた状態で加熱することで形成された金属層 35 を介して電気的に接続されている。

【0037】

また、配線基板 30 の接続配線 33 の圧電素子 11 と接続された一端部とは反対側の他端部は、ヘッドケース 58 の振動板 55 とは反対側の面に設けられた入力配線基板 60 の入力配線 61 の端子部 61a に屈曲されて接続されている。

【0038】

ここで、ヘッドケース 5 8 に設けられた入力配線基板 6 0 は、外部から駆動 I C 3 1 及び圧電素子 1 1 に駆動電圧及び印刷信号等を供給するためのものである。そして、このような入力配線基板 6 0 は、ヘッドケース 5 8 の振動板 5 5 とは反対側の面に設けられており、収容部 5 8 a に固定された圧電素子 1 1 に接続された配線基板 3 0 は、入力配線基板 6 0 の入力配線 6 1 の端子部 6 1 a と接続される部分が約 90 度に屈曲されて、接続配線 3 3 の端部が端子部 6 1 a と接続されている。そして、接続配線 3 3 と端子部 6 1 a とは、例えば、入力配線 6 1 の端子部 6 1 a の表面にスズ・リン銅合金等の金属を形成後、両者を当接させた状態で加熱することで形成された金属層 3 6 を介して電気的に接続されている。また、配線基板 3 0 は、固定基板 1 4 に紫外線硬化型接着剤（UV接着剤）4 0 , 4 1 , 4 2 を介して接着されている。

【0039】

かかるインクジェット式記録ヘッドでは、インクカートリッジに連通されるインク供給路を介してリザーバ 5 3 にインクが供給され、インク供給路 5 4 を介して各圧力発生室 5 2 に分配される。このとき圧電素子 1 1 に電圧を印加することにより圧電素子 1 1 を収縮させると、振動板 5 5 が圧電素子 1 1 と共に引き上げられて圧力発生室 5 2 の容積が広げられ、圧力発生室 5 2 内にインクが引き込まれる。そして、ノズル開口 5 6 に至るまで内部をインクで満たした後、駆動 I C 3 1 からの記録信号に従い、圧電素子 1 1 に印加していた電圧を解除すると、圧電素子 1 1 が伸張されて元の状態に戻る。これにより、振動板 5 5 も変位して元の状態に戻るため圧力発生室 5 2 が収縮され、内部圧力が高まりノズル開口 5 6 からインク滴が吐出される。

【0040】

本形態では、このときのインクの吐出特性を支配するインク供給路 5 4 、ノズル開口 5 6 のイナータンス M_1 , M_2 及び流路抵抗 R_1 , R_2 が前述の如き所定の関係となるように構成されているので、高粘度のインクを使用した場合でも良好な吐出特性を得ることができる。

【0041】

図 6 は本形態に係るインクジェット式記録ヘッドを用いて高粘度（粘度が 10 . 0 (mPa · s)) のインクを吐出させ、このときのメニスカス挙動をシミュレートした場合の図 2 4 (b) に対応する特性図である。同図中、横軸が時間 (μs) 、縦軸がインクの吐出重量 (ng) である。

【0042】

また、当該インクジェット式記録ヘッドの他の諸元は次の通りである。

【0043】

ノズル開口 5 6 の径 = 2 4 μm 、インク供給路 5 4 のイナータンス M_1 = 1 . 9 × 1 0⁸ (kg / m⁴) 、ノズル開口 5 6 のイナータンス M_2 = 1 . 4 × 1 0⁸ (kg / m⁴) 、インク供給路 5 4 の流路抵抗 R_1 = 0 . 6 9 × 1 0¹³ (Pa · s / m³) 、ノズル開口 5 6 の流路抵抗 R_2 = 4 . 3 × 1 0¹³ (Pa · s / m³) 。

【0044】

ちなみに、 M_2 (= 1 . 4 × 1 0⁸ (kg / m⁴)) < M_1 (= 1 . 9 × 1 0⁸ (kg / m⁴)) 及び R_2 (= 4 . 3 × 1 0¹³ (Pa · s / m³)) > 2 $\times R_1$ (= 2 × 0 . 6 9 × 1 0¹³ (Pa · s / m³)) の関係は成立している。同時に、3 $\times R_1$ $\quad R_2$ 2 0 $\times R_1$ の関係も成立している。

【0045】

図 6 を参照すれば、粘度が 10 . 0 (mPa · s) の場合でも 1 2 (ng) のインク滴を吐出し、吐出後の戻りも十分速いことが分かる。

【0046】

<液体噴射ヘッドに関する他の実施の形態>

本形態に係る液体噴射ヘッドは、図 1 に示す前記実施の形態と同様のインクジェット式記録ヘッドであるが、各諸元が異なっている。すなわち、本形態に係るインクジェット式記録ヘッドのノズル開口 5 6 の径 = 2 5 μm 、インク供給路 5 4 のイナータンス M_1 = 2

0×10^8 (kg/m⁴)、ノズル開口 56 のイナータンス $M_2 = 1.5 \times 10^8$ (kg/m⁴)、インク供給路 54 の流路抵抗 $R_1 = 1.5 \times 10^{13}$ (Pa·s/m³)、ノズル開口 56 の流路抵抗 $R_2 = 6.8 \times 10^{13}$ (Pa·s/m³) である。ちなみに、 $M_2 (= 1.5 \times 10^8$ (kg/m⁴)) < $M_1 (= 2.0 \times 10^8$ (kg/m⁴)) 及び $R_2 (= 6.8 \times 10^{13}$ (Pa·s/m³)) > $2 \times R_1 (= 2 \times 1.5 \times 10^{13}$ (Pa·s/m³)) の関係は成立している。同時に、 $3 \times R_1 < R_2 < 20 \times R_1$ の関係も成立している。ちなみに、本形態に係るインクジェット式記録ヘッドでは、(R_2 / R_1) = 5 である。

【0047】

図 7 乃至図 11 は本形態に係るインクジェット式記録ヘッドにおいてインクの粘度乃至駆動波形をそれぞれ変えた場合のインクの吐出特性を示す図 6 と同様の特性図である。ここで、駆動波形は図 12 に示すものと、図 13 に示すものの 2 種類を用いた。図 12 に示す駆動波形 I は、最大電圧の 30 % の電圧を初期値として印加している圧電素子 11 (図 1 参照) に、所定の各期間 (順に 2.0 μs、2.5 μs、2.5 μs、3.0 μs、3.0 μs)、所定の電圧を印加するものである。図 13 に示す駆動波形 II は、最大電圧の 10 % の電圧を初期値として印加している圧電素子 11 (図 1 参照) に、所定の各期間 (順に 2.0 μs、2.0 μs、2.0 μs、3.0 μs、3.0 μs)、所定の電圧を印加するものである。ここで、駆動波形 II は、初期値から最大電圧までの差が、駆動電圧 I よりも大きいので、その分大きく圧電素子 11 を歪ませて圧力発生室 52 (図 1 参照) を膨張させることができる。この結果、駆動波形 II を印加した場合の方がインクの供給が円滑に行われる。

【0048】

ここで、図 7 乃至図 9 は駆動波形 I を印加するとともに、粘度が 8.0 (mPa·s)、10.0 (mPa·s)、15.0 (mPa·s) のインクをそれぞれ用いた場合の特性図である。図 7 の特性は、粘度が 8.0 (mPa·s) のインクの場合で、13 (ng) のインク滴を吐出し、吐出後は若干の盛り上がりを生じているが、実用的には問題のない戻り特性であることを示している。図 8 の特性は、粘度が 10.0 (mPa·s) のインクの場合で、12 (ng) のインク滴を吐出し、吐出後の戻りも十分速い。すなわち、この場合の吐出量及び戻り特性はきわめて良好なものとなる。図 9 の特性は、粘度が 15.0 (mPa·s) のインクの場合で、11 (ng) のインク滴を吐出し、吐出後の戻りが若干遅れることを示している。

【0049】

図 10 はインクの粘度が 15.0 (mPa·s) であるが、駆動波形 II を印加した場合の特性図である。この場合には、12 (ng) のインク滴を吐出し、図 9 の場合に較べ吐出後の戻りも十分早くすることができる。

【0050】

なお、図 11 は本形態において粘度が 5.0 (mPa·s) のインクを用い、駆動波形 I で駆動した場合の特性図である。この場合には、吐出後の盛り上がりが大きくなりすぎる (すなわち、メニスカスがノズル面より盛り上がっている) 結果、吐出が不安定になることを示している。

【0051】

図 14 は本形態において、(ノズル開口 56 の流路抵抗 R_2) / (インク供給路 54 の流路抵抗 R_1) = 3 とし、粘度 8.0 (mPa·s) のインクを用いて駆動波形 I で駆動した場合の特性図である。これは $R_2 > 2 \times R_1$ の要件を満足した上で、 R_2 / R_1 の比を適切に選定することで、粘度が同様 (8.0 (mPa·s)) のインクを用いた場合である図 7 に示す場合に較べてインク吐出後の盛り上がりを抑制することができることを示している。

【0052】

図 15 及び図 16 は本形態において、(ノズル開口 56 の流路抵抗 R_2) / (インク供給路 54 の流路抵抗 R_1) = 20 とし、粘度 15.0 (mPa·s) (図 15)、20.0 (mPa·s) (図 16) のインクを用いて駆動波形 I で駆動した場合の特性図である

。これも $R_2 > 2 \times R_1$ 及び $3 \times R_1 < R_2 < 20 \times R_1$ の要件を満足している。図 15 を参照すれば、 R_2 / R_1 以外の条件が同じである図 9 に示す特性に較べ、戻り特性の遅れが顕著に改善されていることが分かる。すなわち、インクが高粘度になるほど R_2 / R_1 を大きくするのが望ましい。

【0053】

また、図 17 は $R_2 / R_1 = 20$ とし、粘度 20.0 (mPa·s) のインクを用いて駆動波形 II で駆動した場合の特性図である。同図に示すように、駆動電圧の初期値が低い駆動波形 I で駆動することにより、駆動波形 I のみが異なる図 16 の場合に較べて吐出後の戻り特性が顕著に改善されていることが分かる。すなわち、インクが高粘度になるほど駆動波形 II で駆動するのが望ましい。

【0054】

図 18 乃至図 21 は、本形態に係るインクジェット式記録ヘッドの吐出特性と比較するため、 $R_2 / R_1 = 1$ とした従来構造のインクジェット式記録ヘッドの吐出特性を示すもので、駆動波形 I を印加するとともに、粘度が 8.0 (mPa·s)、10.0 (mPa·s)、15.0 (mPa·s)、20.0 (mPa·s) のインクをそれぞれ用いた場合の特性図である。これらの図を参照すれば粘度が 8.0 (mPa·s) の場合を除き、それ以上に高粘度のインクを用いた場合には吐出後の戻りが遅く、この傾向が高粘度になればそれだけ顕著なものとなることを示している。ただ、 $R_2 / R_1 = 1$ のインクジェット式記録ヘッドで粘度 10.0 (mPa·s) のインクを用いた場合であっても、駆動波形 II を用いれば、図 22 に示すように、実用上問題のない程度にまで戻り特性が改善はされる。ただし、粘度が 15 (mPa·s) 以上ともなれば実用上問題のない戻り特性は得られない。

【0055】

以上のシミュレーション結果から、本形態によれば高粘度のインクであっても確実に良好な戻り特性が得られるよう容易に調整することができる事が分かる。したがって、使用時の外気温により粘度が増減した場合でも安定した吐出特性を得ることができる。これに対し、従来構造 ($R_2 / R_1 = 1$) の場合、粘度が 8.0 程度でも他の条件によっては十分な戻り特性が得られる場合があるが、使用環境の温度変化等、粘度を変動させる要素を併せて考慮すれば追従し得る温度変化の幅が狭くなり、その分吐出特性が不安定になってしまふ。結局、従来よりも高粘度のインクを用いる場合は、本形態に係るインクジェット式記録ヘッドの方がより安定的な吐出特性を得ることができ、確実に印刷の高速化に資することができる。

【0056】

<液体噴射ヘッドに関する他の実施の形態>

以上、本発明の実施の形態を説明したが、本発明はこれに限るものでは勿論ない。例えば、上記実施の形態に係るインクジェット式記録ヘッドは圧電材料と電極形成材料とを交互に積層させて軸方向に伸縮させる縦振動型アクチュエータを有するヘッドであるが、圧力発生室に圧力変化を生じさせる圧力発生手段として薄膜型のアクチュエータである圧電素子を有するヘッド、グリーンシートを貼付する等の方法により形成される厚膜型のアクチュエータである圧電素子を有するヘッド等にも同様に適用できる。さらに、圧力発生手段として、圧力発生室内に発熱素子を配置して、発熱素子の発熱で発生するバブルによってノズル開口から液滴を吐出させるいわゆるバブル式アクチュエータや、振動板と電極との間に静電気を発生させて、静電気力によって振動板を変形させてノズル開口から液滴を吐出させるいわゆる静電式アクチュエータなどにも適用することもできる。要するに、圧力発生室に液体供給路から液体を供給するとともに、圧力発生室に発生する圧力によりノズル開口を介して液体を吐出するものであれば良い。この及び場合には、何れの形式であっても図 1 に示すものと同様の液体吐出特性が得られる。

【0057】

さらに、本発明は、広く液体噴射ヘッド全般を対象としたものであり、インク以外の液体を噴射する液体噴射ヘッドにも勿論適用することができる。その他の液体噴射ヘッドと

しては、例えばプリンタ等の画像記録装置に用いられる各種の記録ヘッド、液晶ディスプレー等のカラーフィルタの製造に用いられる色材噴射ヘッド、有機ELディスプレー、FED(電界放出ディスプレー)等の電極形成に用いられる電極材料噴射ヘッド、バイオchip製造に用いられる生体有機物噴射ヘッド等が挙げられる。

【0058】

<上記実施の形態に係る液体噴射ヘッドを有する液体ジェット式記録装置>

上記実施の形態に係るインクジェット式記録ヘッドは、インクカートリッジ等と連通するインク流路を具備する記録ヘッドユニットの一部を構成して、インクジェット式記録装置に搭載される。図23は、そのインクジェット式記録装置の一例を示す概略図である。同図に示すように、上記実施の形態に係るインクジェット式記録ヘッドを有する記録ヘッドユニット1A及び1Bは、インク供給手段を構成するカートリッジ2A及び2Bが着脱可能に設けられ、この記録ヘッドユニット1A及び1Bを搭載したキャリッジ3は、装置本体4に取り付けられたキャリッジ軸5に軸方向移動自在に設けられている。この記録ヘッドユニット1A及び1Bは、例えば、それぞれブラックインク組成物及びカラーインク組成物を吐出するものとしている。

【0059】

そして、駆動モータ6の駆動力が図示しない複数の歯車およびタイミングベルト7を介してキャリッジ3に伝達されることで、記録ヘッドユニット1A及び1Bを搭載したキャリッジ3はキャリッジ軸5に沿って移動される。一方、装置本体4にはキャリッジ軸5に沿ってプラテン8が設けられており、図示しない給紙ローラなどにより給紙された紙等の記録媒体である記録シートSがプラテン8に巻き掛けられて搬送されるようになっている。

【図面の簡単な説明】

【0060】

【図1】実施の形態に係る記録ヘッドの断面図である。

【図2】図1に示す記録ヘッドの各部の寸法を示す説明図である。

【図3】イナータンス及び流路抵抗の求め方を示す説明図である。

【図4】図1における圧電素子ユニットの斜視図である。

【図5】図1における圧電素子ユニットの平面図及び断面図である。

【図6】上記実施の形態に係る記録ヘッドのインク吐出特性を示すグラフである。

【図7】他の実施の形態に係る記録ヘッドのインク吐出特性を示すグラフである。

【図8】他の実施の形態に係る記録ヘッドのインク吐出特性を示すグラフである。

【図9】他の実施の形態に係る記録ヘッドのインク吐出特性を示すグラフである。

【図10】他の実施の形態に係る記録ヘッドのインク吐出特性を示すグラフである。

【図11】他の実施の形態に係る記録ヘッドのインク吐出特性を示すグラフである。

【図12】駆動波形の一例を示す波形図である。

【図13】駆動波形の他の例を示す波形図である。

【図14】他の実施の形態に係る記録ヘッドのインク吐出特性を示すグラフである。

【図15】他の実施の形態に係る記録ヘッドのインク吐出特性を示すグラフである。

【図16】他の実施の形態に係る記録ヘッドのインク吐出特性を示すグラフである。

【図17】他の実施の形態に係る記録ヘッドのインク吐出特性を示すグラフである。

【図18】他の実施の形態に係る記録ヘッドのインク吐出特性を示すグラフである。

【図19】他の実施の形態に係る記録ヘッドのインク吐出特性を示すグラフである。

【図20】他の実施の形態に係る記録ヘッドのインク吐出特性を示すグラフである。

【図21】他の実施の形態に係る記録ヘッドのインク吐出特性を示すグラフである。

【図22】他の実施の形態に係る記録ヘッドのインク吐出特性を示すグラフである。

【図23】図1に示す記録ヘッドを搭載する記録装置を示す概略図である。

【図24】従来技術に係る記録ヘッドのインク吐出特性を示すグラフである。

【符号の説明】

【0061】

10　圧電素子ユニット、　11　圧電素子、　13　圧電素子形成部材、　14　固定基板、　15　圧電材料層、　16　個別内部電極、　17　共通内部電極、　21
電極非形成部、　22　個別外部電極、　23　共通外部電極、　30　配線基板、　3
1　駆動 I C、　33　接続配線、　50　流路形成基板、　52　圧力発生室、　53
リザーバ、　54　インク供給路、　55　振動板、　56　ノズル開口