

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7171356号
(P7171356)

(45)発行日 令和4年11月15日(2022.11.15)

(24)登録日 令和4年11月7日(2022.11.7)

(51)国際特許分類

B 4 1 J	2/14 (2006.01)	F I	B 4 1 J	2/14	6 0 7
B 4 1 J	2/18 (2006.01)		B 4 1 J	2/14	2 0 1
			B 4 1 J	2/18	

請求項の数 10 (全44頁)

(21)出願番号 特願2018-190399(P2018-190399)
 (22)出願日 平成30年10月5日(2018.10.5)
 (65)公開番号 特開2020-59166(P2020-59166A)
 (43)公開日 令和2年4月16日(2020.4.16)
 審査請求日 令和3年10月1日(2021.10.1)

(73)特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74)代理人 100126240
 弁理士 阿部 琢磨
 100124442
 弁理士 黒岩 創吾
 奥島 真吾
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キ
 ヤノン株式会社内
 (72)発明者 中川 嘉幸
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キ
 ヤノン株式会社内
 (72)発明者 山田 和弘
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キ
 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 液体吐出ヘッド及び液体吐出装置

(57)【特許請求の範囲】**【請求項1】**

液体を吐出するための吐出口と、液体を吐出するために利用されるエネルギーを発生するエネルギー発生素子が配される流路と、前記吐出口と前記流路とを連通する吐出口部と、前記流路の外部から前記流路の内部に液体を供給するための供給流路と、前記流路の内部から前記流路の外部へ液体を回収するための回収流路と、を備える液体吐出ヘッドであつて、

前記液体を、前記供給流路から前記流路の内部に供給し、前記流路の内部を流し、前記流路の内部から前記回収流路で前記流路の外部に回収することで、前記流路の内部の液体を前記流路の外部との間で循環させることが可能であり、

前記液体の前記吐出口の開口内の液面は第1の領域と第2の領域とを有し、前記第1の領域における前記液体の粘度は、前記第2の領域における前記液体の粘度よりも1.2倍以上高いことを特徴とする液体吐出ヘッド。

【請求項2】

前記液体が前記流路の内部を流れる方向と直交する方向において、前記第1の領域は前記吐出口の端部の側に位置し、前記第2の領域は前記吐出口の中央の側に位置する請求項1に記載の液体吐出ヘッド。

【請求項3】

前記液体の前記吐出口の開口内の液面のうち、前記吐出口の中央の領域における前記液体の粘度をYとしたとき、前記吐出口の開口内の液面のうち、前記液体の粘度が1.2Y

以上となる領域の前記吐出口の開口に対する面積の割合は、25%以上、75%以下である請求項1または2に記載の液体吐出ヘッド。

【請求項4】

前記流路と前記吐出口部との連通部の、前記流路内の液体の流れ方向に関する上流側での前記流路の高さをH、前記吐出口から液体が吐出される方向における前記吐出口部の長さをP、前記流路内の液体の流れ方向における前記吐出口部の長さをW、とした場合に、

$$H \cdot 0.34 \times P - 0.66 \times W > 1.5$$

を満たす請求項1乃至3のいずれか1項に記載の液体吐出ヘッド。

【請求項5】

前記流路と前記吐出口部との連通部の、前記流路内の液体の流れ方向に関する上流側での前記流路の高さをH、前記吐出口から液体が吐出される方向における前記吐出口部の長さをP、前記流路内の液体の流れ方向における前記吐出口部の長さをW、とした場合に、

$$H \cdot 0.34 \times P - 0.66 \times W > 1.7$$

を満たす請求項1乃至3のいずれか1項に記載の液体吐出ヘッド。

【請求項6】

前記供給流路から前記流路の内部に供給される前記液体の水分量が65wt%以下である請求項1乃至5のいずれか1項に記載の液体吐出ヘッド。

【請求項7】

前記液体の固形分量が10wt%以上である請求項1乃至6のいずれか1項に記載の液体吐出ヘッド。

【請求項8】

前記液体は自己分散顔料を含む請求項1乃至7のいずれか1項に記載の液体吐出ヘッド。

【請求項9】

前記液体を温調する請求項1乃至8のいずれか1項に記載の液体吐出ヘッド。

【請求項10】

請求項1乃至9のいずれか1項に記載の液体吐出ヘッドを有することを特徴とする液体吐出装置。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【0001】

本発明は、液体を吐出する液体吐出ヘッド及び液体吐出装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

インク等の液体を吐出して画像を形成するインクジェット記録装置に用いられる液体吐出ヘッドにおいて、インクを吐出する吐出口からインク中の揮発成分が蒸発することで、吐出口付近のインクが増粘する。これにより吐出される液滴の吐出速度が変化したり、着弾精度に影響がでたりすることが課題となっている。特に吐出を行った後の休止時間が長い場合、インクの粘度の増加が顕著になり、インクの固形成分が吐出口付近に固着し、この固形成分によりインクの流体抵抗を増加し吐出不良となる場合もある。

40

【0003】

このようなインクの増粘現象に対する対策の1つとして、液体吐出ヘッドに供給するインクを循環路により循環させる方法が知られている。特許文献1には、吐出口が形成された部材と発熱抵抗体が形成された基板との間に形成される流路内のインクを循環させることにより、吐出口からのインク蒸発に伴う吐出口の目詰まりを防止する液体吐出ヘッドが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

50

【文献】特開2002-355973号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1に記載の方法によれば、インクを循環させてよりフレッシュなインクを流路内に供給することで、流路内のインクのみが増粘することに対して一定の効果はある。しかし、本発明者らの検討によれば、循環によって吐出口からのインク中の水分や揮発成分の蒸発が、循環しない場合に比べて促進されることが分かった。蒸発によって増粘したインクが循環経路内を流動すると循環経路の系全体としてインクの増粘が進み、吐出特性や記録濃度等に影響がでることがある。

10

【0006】

従って本発明は、吐出口からのインク中の成分の蒸発によるインク吐出への影響を抑制した液体吐出ヘッド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】

【0007】

上記課題を解決するために本発明は、液体を吐出するための吐出口と、液体を吐出するために利用されるエネルギーを発生するエネルギー発生素子が配される流路と、前記吐出口と前記流路とを連通する吐出口部と、前記流路の外部から前記流路の内部に液体を供給するための供給流路と、前記流路の内部から前記流路の外部へ液体を回収するための回収流路と、を備える液体吐出ヘッドであって、前記液体を、前記供給流路から前記流路の内部に供給し、前記流路の内部を流し、前記流路の内部から前記回収流路で前記流路の外部に回収することで、前記流路の内部の液体を前記流路の外部との間で循環させることができ、前記液体の前記吐出口の開口内の液面は第1の領域と第2の領域とを有し、前記第1の領域における前記液体の粘度は、前記第2の領域における前記液体の粘度よりも1.2倍以上高いことを特徴とする。

20

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、吐出口からのインク中の成分の蒸発によるインク吐出への影響を抑制した液体吐出ヘッドを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

30

【0009】

【図1】インクジェット記録装置の概略構成を示す斜視図。

【図2】循環経路の第1循環形態を示す模式図。

【図3】循環経路の第2循環形態を示す模式図。

【図4】第1循環形態と第2循環形態におけるインクの流入量の違いを説明する図。

【図5】液体吐出ヘッドを示す斜視図。

【図6】液体吐出ヘッドを構成する各部品またはユニットを示した分解斜視図。

【図7】第1、第2および第3の各流路部材の表面と裏面を示した図。

【図8】図7(a)の一部を示し、流路部材内の流路を拡大して示した透視図。

【図9】図8のIX-IXにおける断面を示した図。

40

【図10】1つの吐出モジュールを示した斜視図および分解斜視図。

【図11】記録素子基板の平面図、部分拡大図、および上記面の裏側の平面図。

【図12】図11(a)におけるXII-XII線の断面を示す斜視図。

【図13】記録素子基板の隣接部を部分的に拡大して示した平面図。

【図14】液体吐出ヘッドを示した斜視図。

【図15】液体吐出ヘッドを示した斜視分解図。

【図16】液体吐出ヘッドを構成する各流路部材を示した図。

【図17】記録素子基板と流路部材との液体の接続関係を示した透視図。

【図18】図17のXVII-XVII線における断面を示した図。

【図19】液体吐出ヘッドにおける吐出モジュールを示した斜視図および分解図。

50

【図20】(a)は、記録素子基板の吐出口が配される面、(b)は記録素子基板の面、および(c)は、吐出口が配される面の裏面を示すそれぞれ模式図。

【図21】インクジェット記録装置を示した図。

【図22】吐出口およびその近傍のインク流路の構造を説明する図。

【図23】液体吐出ヘッド内を流れるインクのインク流の流れの様子を示す図。

【図24】吐出口部内のインクの色材濃度の状態を示す図。

【図25】インクの色材濃度の比較を説明する図。

【図26】第2実施形態の流れモードを生じる液体吐出ヘッドと、比較例の流れモードを生じる液体吐出ヘッドの関係を示す図。

【図27】図26に示すしきい線の上側と下側のそれぞれの領域となる液体吐出ヘッドにおける、吐出口部近傍のインク流の様子を説明する図。

【図28】流れモードAまたは流れモードBのいずれになるのかを説明する図。

【図29】各流れモードの液体吐出ヘッドから吐出後、一定時間休止後の発数(吐出回数)とそのときの吐出速度との関係を示す線図。

【図30】液体吐出ヘッド内を流れるインクのインク流の流れの様子を示す図。

【図31】液体吐出ヘッド内を流れるインクのインク流の流れの様子を示す図。

【図32】液体吐出ヘッド内を流れるインクのインク流の流れの様子を示す図。

【図33】液体吐出ヘッド内を流れるインクのインク流の流れの様子を示す図。

【図34】液体吐出ヘッド内を流れるインクのインク流の流れの様子を示す図。

【図35】吐出口の開口内の液面の領域における、液体の粘度の分布を示す図。

【図36】液体吐出ヘッド内を流れるインクの流れモード毎の流れの様子を示す図。

【図37】吐出口部内のインクの色材濃度の状態を示す図。

【図38】流れモード毎の蒸発速度と循環流速との関係を示す図。

【図39】3つの流路形状の流れモードを示す図。

【図40】吐出口径を変化させた場合の、流れモード判定値の値を示した等高線図。

【図41】流路形状毎の吐出口の吐出液滴を観察した結果を示す図。

【図42】吐出口径を変化させた場合の気泡が大気と連通する時間を示した等高線図。

【図43】液体吐出ヘッド内を流れるインクのインク流の流れの様子を示す図。

【図44】液体吐出ヘッド内を流れるインクのインク流の流れの様子を示す図。

【図45】インクの水分蒸発量と粘度の関係を示すグラフ。

【図46】吐出口の開口内の液面の領域における、液体の粘度の分布を示す図。

【図47】吐出口の形状を説明するための図。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、図面を参照して本発明の実施形態について説明する。

【0011】

(第1形態のインクジェット記録装置)

図1は、本発明の液体を吐出する液体吐出装置、特にはインクを吐出して記録を行いうインクジェット記録装置(以下、記録装置とも称す)1000の概略構成を示した図である。記録装置1000は、記録媒体2を搬送する搬送部1と、記録媒体2の搬送方向と略直交して配置されるライン型の液体吐出ヘッド3とを備え、複数の記録媒体2を連続もしくは間欠的に搬送しながら1バスで連続記録を行うライン型記録装置である。なお、記録媒体2は、カット紙に限らず、連続したロール媒体であってもよい。液体吐出ヘッド3は循環経路内の圧力(負圧)を制御する負圧制御ユニット230と、負圧制御ユニット230と流体連通した液体供給ユニット220と、液体供給ユニット220へのインクの供給および排出口となる液体接続部111と、筐体80とを備えている。本形態の液体吐出ヘッド3は、シアンC、マゼンタM、イエローY、ブラックKのインクをそれぞれ吐出する吐出口列を備えており、それによってフルカラー記録が可能である。液体吐出ヘッド3は、図2にて後述されるように、液体を液体吐出ヘッド3へ供給する供給路である液体供給機構、メインタンクおよびバッファタンク(後述する図2参照)が流体的に接続される。そ

10

20

30

40

50

して、4色のインクそれぞれに対応して4つの負圧制御ユニット230および液体供給ユニット220が設けられる。また、液体吐出ヘッド3には、液体吐出ヘッド3へ電力および吐出制御信号を伝送する電気制御部が電気的に接続される。液体吐出ヘッド3内における液体経路および電気信号経路については後述する。

【0012】

記録装置1000は、インク等の液体を後述するタンクと液体吐出ヘッド3との間で循環させる形態のインクジェット記録装置である。本実施形態のインクジェット記録装置は、循環の形態（構成）として、第1循環形態と第2循環形態のいずれかを採用するものである。第1循環形態は、液体吐出ヘッド3の下流側で2つの循環ポンプ（高圧用、低圧用）を稼動することで循環させる形態である。第2循環形態は、液体吐出ヘッド3の上流側で2つの循環ポンプ（高圧用、低圧用）を稼動することで循環させる形態である。以下、この循環の第1循環形態と第2循環形態について説明する。

10

【0013】

<第1循環形態の説明>

図2は、本実施形態の記録装置1000に適用される循環経路の第1循環形態を示す模式図である。液体吐出ヘッド3は、第1循環ポンプ（高圧側）1001、第1循環ポンプ（低圧側）1002およびバッファタンク1003等に流体的に接続されている。なお図2では、説明を簡略化するため、シアンC、マゼンタM、イエローY、ブラックKのインクの内の1色のインクが流動する経路のみを示しているが、実際には4色分の循環経路が、液体吐出ヘッド3および記録装置本体に設けられる。

20

【0014】

第1循環形態では、メインタンク1006内のインクは、補充ポンプ1005によってバッファタンク1003に供給され、その後、第2循環ポンプ1004によって液体接続部111を介して液体吐出ヘッド3の液体供給ユニット220に供給される。その後、液体供給ユニット220に接続された負圧制御ユニット230で異なる2つの負圧（高圧、低圧）に調整されたインクは、高圧側と低圧側の2つの流路に分かれて循環する。液体吐出ヘッド3内のインクは、液体吐出ヘッド3の下流にある第1循環ポンプ（高圧側）1001及び第1循環ポンプ（低圧側）1002の作用で液体吐出ヘッド内を循環する。そして、液体接続部111を介して液体吐出ヘッド3から排出されて、バッファタンク1003に戻る。

30

【0015】

サブタンクであるバッファタンク1003は、メインタンク1006と接続され、タンク内部と外部とを連通する不図示の大気連通口を有し、インク中の気泡を外部に排出することが可能である。バッファタンク1003とメインタンク1006との間には、補充ポンプ1005が設けられている。補充ポンプ1005は、インクを吐出しての記録や吸引回復等、液体吐出ヘッド3の吐出口からインクを吐出（排出）することによって消費されたインクをメインタンク1006からバッファタンク1003へ移送する。

【0016】

2つの第1循環ポンプ1001、1002は、液体吐出ヘッド3の液体接続部111から液体を引き出してバッファタンク1003へ流す。第1循環ポンプとしては、定量的な送液能力を有する容積型ポンプが好ましい。具体的にはチューブポンプ、ギアポンプ、ダイヤフラムポンプ、シリンジポンプ等が挙げられるが、例えば一般的な定流量弁やリリーフ弁をポンプ出口に配して一定流量を確保する形態であってもよい。液体吐出ヘッド3の駆動時には、第1循環ポンプ（高圧側）1001および第1循環ポンプ（低圧側）1002を稼働することによって、それぞれ共通供給経路211、共通回収流路212内を所定流量のインクが流れる。このようにインクを流すことで、記録時の液体吐出ヘッド3の温度を最適の温度に維持している。液体吐出ヘッド3駆動時の所定流量は、液体吐出ヘッド3内の各記録素子基板10間の温度差が記録画質に影響しない程度に維持可能である流量以上に設定することが好ましい。もっとも、あまりに大きな流量に設定すると、液体吐出ユニット300内の流路の圧損の影響により、各記録素子基板10で負圧差が大きくなり

40

50

画像の濃度ムラが生じてしまう。そのため、各記録素子基板 10 間の温度差と負圧差を考慮しながら流量を設定することが好ましい。

【0017】

負圧制御ユニット 230 は、第 2 循環ポンプ 1004 と液体吐出ユニット 300 との間の経路に設けられている。この負圧制御ユニット 230 は、単位面積あたりの吐出量の差等によって循環系におけるインクの流量が変動した場合でも、負圧制御ユニット 230 よりも下流側（即ち液体吐出ユニット 300 側）の圧力を予め設定した一定の圧力に維持するように動作する。負圧制御ユニット 230 を構成する、高圧側（H）と低圧側（L）の 2 つの圧力調整機構としては、負圧制御ユニット 230 よりも下流の圧力を、所望の設定圧を中心として一定の範囲以下の変動で制御できるものであれば、どのような機構を用いてもよい。一例としては所謂「減圧レギュレータ」と同様の機構を採用することができる。本実施形態における循環流路では、第 2 循環ポンプ 1004 によって、液体供給ユニット 220 を介して負圧制御ユニット 230 の上流側を加圧している。このようにすることにより、バッファタンク 1003 の液体吐出ヘッド 3 に対する水頭圧の影響を抑制できるので、記録装置 1000 におけるバッファタンク 1003 のレイアウトの自由度を広げることができる。

10

【0018】

第 2 循環ポンプ 1004 としては、液体吐出ヘッド 3 の駆動時に使用するインク循環流量の範囲内で、一定圧以上の揚程圧を有するものであればよく、ターボ型ポンプや容積型ポンプなどを使用できる。具体的には、ダイヤフラムポンプ等が適用可能である。また、第 2 循環ポンプ 1004 の代わりに、例えば負圧制御ユニット 230 に対してある一定の水頭差をもって配置された水頭タンクでも適用可能である。

20

【0019】

図 2 に示すように負圧制御ユニット 230 は、それぞれが互いに異なる制御圧が設定された 2 つの圧力調整機構 H、L を備えている。2 つの負圧調整機構の内、相対的に高圧設定側（図 2 で H と記載）、および相対的に低圧側（図 2 で L と記載）は、液体供給ユニット 220 内を経由して、液体吐出ユニット 300 内の共通供給経路 211、および共通回収流路 212 にそれぞれ接続されている。液体吐出ユニット 300 には、共通供給経路 211、共通回収流路 212、各記録素子基板と連通する個別流路 215（個別供給流路 213、個別回収流路 214）が設けられている。共通供給流路 211 には圧力調整機構 H が、共通回収流路 212 には圧力調整機構 L が、それぞれ接続されることによって、2 つの共通流路間に差圧を生じさせている。そして、個別流路 215 は、共通供給経路 211 および共通回収流路 212 とそれぞれ連通しているので、液体の一部が、共通供給流路 211 から記録素子基板 10 の内部流路を通過して共通回収流路 212 へと流れる流れ（図 2 の矢印）が発生する。なお、2 つの負圧調整機構 H、L は、それぞれフィルタ 221 を介して液体接続部 111 からの経路と接続している。

30

【0020】

このようにして、液体吐出ユニット 300 では、共通供給流路 211 および共通回収流路 212 内をそれぞれ通過するように液体を流しつつ、一部の液体が各記録素子基板 10 内を通過するような流れが発生する。このため、各記録素子基板 10 で発生する熱を共通供給流路 211 および共通回収流路 212 を流れるインクによって記録素子基板 10 の外部へ排出することができる。またこのような構成により、液体吐出ヘッド 3 による記録を行っている際に、吐出を行っていない吐出口や圧力室においてもインクの流れを生じさせることができる。これによって、吐出口内で増粘したインクの粘度を低下させることで、インクの増粘を抑制することができる。また、増粘したインクやインク中の異物を共通回収流路 212 へと排出することができる。このため、本実施形態の液体吐出ヘッド 3 は、高速で高画質な記録が可能となる。

40

【0021】

< 第 2 循環形態の説明 >

図 3 は、本実施形態の記録装置に適用される循環経路のうち、上述した第 1 循環形態と

50

は異なる循環形態である第2循環形態を示す模式図である。前述の第1循環形態との主な相違点は、負圧制御ユニット230を構成する2つの圧力調整機構が共に、負圧制御ユニット230よりも上流側の圧力を、所望の設定圧を中心として一定範囲内の変動で制御する点である。また、第1循環形態との相違点として、第2循環ポンプ1004が負圧制御ユニット230の下流側を減圧する負圧源として作用する点である。更に、第1循環ポンプ(高圧側)1001および第1循環ポンプ(低圧側)1002が液体吐出ヘッド3の上流側に配置され、負圧制御ユニット230が液体吐出ヘッド3の下流側に配置されている点も相違する点である。

【0022】

第2循環形態では、図3に示されるように、メインタンク1006内のインクは、補充ポンプ1005によってバッファタンク1003に供給される。その後インクは2つの流路に分けられ、液体吐出ヘッド3に設けられた負圧制御ユニット230の作用で高圧側と低圧側の2つの流路を介して循環する。高圧側と低圧側の2つの流路に分けられたインクは、第1循環ポンプ(高圧側)1001及び第1循環ポンプ(低圧側)1002の作用によって、液体吐出ヘッド3の液体接続部111を介して液体吐出ヘッド3に供給される。その後、第1循環ポンプ(高圧側)1001及び第1循環ポンプ(低圧側)1002の作用で液体吐出ユニット300内を循環したインクは、負圧制御ユニット230を経て、液体接続部111を介して液体吐出ヘッド3から排出される。排出されたインクは、第2循環ポンプ1004によってバッファタンク1003に戻される。

【0023】

ところで、単位面積あたりの吐出量の変化によって生じる流量の変動がある場合がある。この場合であっても、第2循環形態の負圧制御ユニット230は、負圧制御ユニット230の上流側(即ち液体吐出ユニット300側)の圧力変動を予め設定された圧を中心として一定範囲内に安定させる作用をする。本実施形態の循環流路では、第2循環ポンプ1004によって、液体供給ユニット220を介して負圧制御ユニット230の下流側を加圧している。このようにすると液体吐出ヘッド3に対するバッファタンク1003の水頭圧の影響を抑制できるので、記録装置1000におけるバッファタンク1003のレイアウトの選択幅を広げることができる。第2循環ポンプ1004の代わりに、例えば負圧制御ユニット230に対して所定の水頭差をもって配置された水頭タンクであっても適用可能である。第2循環形態では上述した第1循環形態と同様に、負圧制御ユニット230は、それぞれが互いに異なる制御圧が設定された2つの圧力調整機構H、Lを備えている。2つの負圧調整機構H、Lの内、高圧設定側(図3でHと記載)、低圧設定側(図3でLと記載)はそれぞれ、液体供給ユニット220内を経由して、液体吐出ユニット300内の共通供給経路211および共通回収流路212に接続されている。2つの負圧調整機構により、共通供給流路211の圧力を共通回収流路212の圧力より相対的に高くすることで、共通供給流路211から個別流路213および各記録素子基板10の内部流路を介して共通回収流路212へと流れるインク流れを発生させている。

【0024】

このような第2循環形態では、液体吐出ユニット300内には第1循環形態と同様のインク流れ状態が得られるが、第1循環形態の場合とは異なる2つの利点がある。1つ目は、第2循環形態では、負圧制御ユニット230が液体吐出ヘッド3の下流側に配置されているので、負圧制御ユニット230から発生するゴミや異物が液体吐出ヘッド3へ流入する懸念が少ないとある。2つ目は、第2循環形態では、バッファタンク1003から液体吐出ヘッド3へ供給する必要流量の最大値が、第1循環形態の場合よりも少なく済むことである。その理由は次の通りである。

【0025】

記録待機時に循環している場合の、共通供給流路211および共通回収流路212内の流量の合計を流量Aとする。流量Aの値は、例えば、記録待機中に液体吐出ヘッド3の温度調整にあたり、液体吐出ユニット300内の温度差を所望の範囲内にするために必要な最小限の流量として定義される。また、液体吐出ユニット300の総ての吐出口からイン

10

20

30

40

50

クを吐出する場合（全吐出時）の吐出流量を流量 F （1吐出口当りの吐出量 × 単位時間当たりの吐出周波数 × 吐出口数）と定義する。

【0026】

図4は、第1循環形態と第2循環形態における、液体吐出ヘッド3へのインクの流入量の違いを説明する図である。図4(a)は、第1循環形態における待機時を示しており、図4(b)は、第1循環形態における全吐出時を示している。図4(c)から図4(f)は、第2循環流路の場合の流量を示しており、図4(c)、(d)が流量 $F < \text{流量 } A$ の場合で、図4(e)、(f)が流量 $F > \text{流量 } A$ の場合であり、それぞれ、待機時と全吐出時の流量を示している。

【0027】

第1循環形態の場合では、定量的な送液能力を有する第1循環ポンプ（高圧側）1001及び第1循環ポンプ（低圧側）1002が液体吐出ヘッド3の下流側に配置されている（図4(a)、(b)）。第1循環ポンプ1001及び第1循環ポンプ1002の合計設定流量は流量Aとなる（図4(a)）。この流量Aによって、待機時の液体吐出ユニット300内の温度管理が可能となる。液体吐出ヘッド3で全吐出が行われる場合には、第1循環ポンプ1001および第1循環ポンプ1002の合計設定流量は流量Aのままである。しかし、液体吐出ヘッド3で吐出によって生じる負圧が作用して、液体吐出ヘッド3へ供給される最大流量は、合計設定流量の流量Aに全吐出による消費分（流量F）が加算される。よって、液体吐出ヘッド3への供給量の最大値は、流量Fが流量Aに加算されたため流量A + 流量Fとなる（図4(b)）。

10

【0028】

一方で、第1循環ポンプ1001および第1循環ポンプ1002が液体吐出ヘッド3の上流側に配置されている第2循環形態の場合（図4(c)～(f)）は、記録待機時に必要な液体吐出ヘッド3への供給量は、第1循環形態と同様に流量Aである。従って、第1循環ポンプ1001および第1循環ポンプ1002が液体吐出ヘッド3の上流側に配置されている第2循環形態では、流量Fよりも流量Aが多い場合（図4(c)、(d)）には、全吐出時でも液体吐出ヘッド3への供給量は流量Aで十分である。その際、液体吐出ヘッド3からの排出流量は、流量A - 流量Fとなる（図4(d)）。しかし、流量Aよりも流量Fが多い場合（図4(e)、(f)）には、全吐出時には液体吐出ヘッド3への供給流量を流量Aとすると流量が足りなくなってしまう。そのため、流量Aよりも流量Fが多い場合には、液体吐出ヘッド3への供給量を流量Fとする必要がある。その際、全吐出が行われると、液体吐出ヘッド3では流量Fが消費されるため、液体吐出ヘッド3からの排出流量は、ほとんど排出されない状態となる（図4(f)）。なお、流量Aよりも流量Fが多い場合で、吐出は行うが全吐出ではない場合には、流量Fから吐出で消費された分が引かれた量が液体吐出ヘッド3から排出される。

20

【0029】

このように、第2循環形態の場合、第1循環ポンプ1001および第1循環ポンプ1002の設定流量の合計値、即ち必要供給流量の最大値は、流量Aまたは流量Fの大きい方の値となる。このため、同一構成の液体吐出ユニット300を使用する限り、第2循環形態における必要供給量の最大値（流量Aまたは流量F）は、第1循環形態における必要供給流量の最大値（流量A + 流量F）よりも小さくなる。

30

【0030】

そのため第2循環形態の場合、適用可能な循環ポンプの自由度が高まり、例えば構成の簡便な低コストの循環ポンプを使用したり、本体側経路に設置される冷却器（不図示）の負荷を低減したりすることができ、記録装置のコストを低減できるという利点がある。この利点は、流量Aまたは流量Fの値が比較的大きくなるラインヘッドであるほど大きくなり、ラインヘッドの中でも長手方向の長さが長いラインヘッドほど有益である。

40

【0031】

しかしながら一方で、第1循環形態の方が、第2循環形態に対して有利になる点もある。すなわち第2循環形態では、記録待機時に液体吐出ユニット300内を流れる流量が最

50

大であるため、単位面積当たりの吐出量が少ない画像（以下、低 Duty 画像ともいう）であるほど、各吐出口に高い負圧が印加された状態となる。このため、流路幅が狭く高い負圧である場合、ムラの見えやすい低 Duty 画像で吐出口に高い負圧が印加されるため、インクの主滴に伴って吐出される所謂サテライト滴が多く発生して記録品位が低下する虞がある。一方、第 1 循環形態の場合、高い負圧が吐出口に印加されるのは単位面積当たりの吐出量が多い画像（以下、高 Duty 画像ともいう）形成時であるため、仮にサテライト滴が発生しても視認されにくく、画像への影響は小さいという利点がある。これら 2 つの循環形態の選択は、液体吐出ヘッドおよび記録装置本体の仕様（吐出流量 F、最小循環流量 A、およびヘッド内流路抵抗）に照らして好ましい選択を探ることができる。

【0032】

10

<液体吐出ヘッド構成の説明>

第 1 の実施形態に係る液体吐出ヘッド 3 の構成について説明する。図 5 (a) および (b) は、本実施形態に係る液体吐出ヘッド 3 を示した斜視図である。液体吐出ヘッド 3 は、1 つの記録素子基板 10 でシアン C / マゼンタ M / イエロー Y / ブラック K の 4 色のインクを吐出可能な記録素子基板 10 を直線上に 15 個配列（インラインに配置）されるライン型の液体吐出ヘッドである。図 5 (a) に示すように、液体吐出ヘッド 3 は、各記録素子基板 10 と、フレキシブル配線基板 40 および電気配線基板 90 を介して電気的に接続された信号入力端子 91 と電力供給端子 92 を備える。信号入力端子 91 および電力供給端子 92 は、記録装置 1000 の制御部と電気的に接続され、それぞれ吐出駆動信号および吐出に必要な電力を記録素子基板 10 に供給する。電気配線基板 90 内の電気回路によって配線を集約することで、信号出力端子 91 および電力供給端子 92 の数を記録素子基板 10 の数に比べて少なくすることができる。これにより、記録装置 1000 に対して液体吐出ヘッド 3 を組み付けるとき、または液体吐出ヘッドの交換時に取り外しが必要な電気接続部数が少なくて済む。図 5 (b) に示すように、液体吐出ヘッド 3 の両端部に設けられた液体接続部 111 は、図 2 および図 3 にて上述した、記録装置 1000 の液体供給系と接続される。これによりシアン C / マゼンタ M / イエロー Y / ブラック K 4 色のインクが記録装置 1000 の供給系から液体吐出ヘッド 3 に供給され、また液体吐出ヘッド 3 内を通ったインクが記録装置 1000 の供給系へ回収されるようになっている。このように各色のインクは、記録装置 1000 の経路と液体吐出ヘッド 3 の経路を介して循環可能である。

20

【0033】

30

図 6 は、液体吐出ヘッド 3 を構成する各部品またはユニットを示した分解斜視図である。液体吐出ユニット 300、液体供給ユニット 220 および電気配線基板 90 が筐体 80 に取り付けられている。液体供給ユニット 220 には液体接続部 111（図 3 参照）が設けられる。さらに、液体供給ユニット 220 の内部には、供給されるインク中の異物を取り除くため、液体接続部 111 の各開口と連通する各色別のフィルタ 221（図 2、図 3 参照）が設けられている。2 つの液体供給ユニット 220 は、それぞれに 2 色分ずつのフィルタ 221 が設けられている。フィルタ 221 を通過した液体は、それぞれの色に対応して液体供給ユニット 220 上に配置された負圧制御ユニット 230 へ供給される。負圧制御ユニット 230 は、各色別の圧力調整弁からなるユニットであり、それぞれの内部に設けられる弁やバネ部材などの働きで液体の流量の変動に伴って生じる記録装置 1000 の供給系内（液体吐出ヘッド 3 の上流側の供給系）の圧損変化を大幅に減衰させる。これによって負圧制御ユニット 230 は、圧力制御ユニットよりも下流側（液体吐出ユニット 300 側）の負圧変化をある一定範囲内で安定化させることができる。各色の負圧制御ユニット 230 内には、図 2 で記述したように各色 2 つの圧力調整弁が内蔵されている。2 つの圧力調整弁は、それぞれ異なる制御圧力に設定され、高圧側が液体吐出ユニット 300 内の共通供給流路 211（図 2 参照）、低圧側が共通回収流路 212（図 2 参照）と液体供給ユニット 220 を介して連通している。

40

【0034】

筐体 80 は、液体吐出ユニット支持部 81 および電気配線基板支持部 82 から構成さ

50

れ、液体吐出ユニット300および電気配線基板90を支持するとともに、液体吐出ヘッド3の剛性を確保している。電気配線基板支持部82は、電気配線基板90を支持するためのものであり、液体吐出ユニット支持部81にネジ止めによって固定されている。液体吐出ユニット支持部81は、液体吐出ユニット300の反りや変形を矯正して、複数の記録素子基板10の相対位置精度を確保する役割を有し、それにより記録物におけるスジやムラを抑制する。そのため液体吐出ユニット支持部81は、十分な剛性を有することが好ましく、材質としてはSUSやアルミなどの金属材料、もしくはアルミナなどのセラミックが好適である。液体吐出ユニット支持部81には、ジョイントゴム100が挿入される開口83、84が設けられている。液体供給ユニット220から供給される液体は、ジョイントゴムを介して液体吐出ユニット300を構成する第3流路部材70へと導かれる。

10

【0035】

液体吐出ユニット300は、複数の吐出モジュール200、流路部材210からなり、液体吐出ユニット300の記録媒体側の面にはカバー部材130が取り付けられる。ここで、カバー部材130は、図6に示したように長尺の開口131が設けられた額縁状の表面を持つ部材であり、開口131からは吐出モジュール200に含まれる記録素子基板10および封止材110（後述する図10参照）が露出している。開口131の周囲の枠部は、記録待機時に液体吐出ヘッド3をキャップするキャップ部材の当接面としての機能を有する。このため、開口131の周囲に沿って接着剤、封止材、充填材等を塗布し、液体吐出ユニット300の吐出口面上の凹凸や隙間を埋めることで、キャップ時に閉空間が形成されるようにすることが好ましい。

20

【0036】

次に、液体吐出ユニット300に含まれる流路部材210の構成について説明する。図6に示したように流路部材210は、第1流路部材50、第2流路部材60および第3流路部材70を積層したものであり、液体供給ユニット220から供給された液体を各吐出モジュール200へと分配する。また、流路部材210は、吐出モジュール200から環流する液体を液体供給ユニット220へと戻すための流路部材である。流路部材210は、液体吐出ユニット支持部81にネジ止めで固定されており、それにより流路部材210の反りや変形が抑制されている。

【0037】

図7(a)～(f)は、第1～第3流路部材の各流路部材の表面と裏面を示した図である。図7(a)は、第1流路部材50の、吐出モジュール200が搭載される側の面を示し、図7(f)は、第3流路部材70の、液体吐出ユニット支持部81と当接する側の面を示す。また、第1流路部材50と第2流路部材60とは、夫々の流路部材の当接面を示す図7(b)と図7(c)が対向するように接合し、第2流路部材と第3流路部材とは、夫々の流路部材の当接面を示す図7(d)と図7(e)が対向するように接合する。第2流路部材60と第3流路部材70を接合することで、各流路部材に形成される共通流路溝62と71とから、流路部材の長手方向に延在する8本の共通流路(211a、211b、211c、211d、212a、212b、212c、212d)が形成される。これにより色毎に共通供給流路211と共に回収流路212のセットが流路部材210内に形成される。共通供給流路211から液体吐出ヘッド3にインクが供給されて、液体吐出ヘッド3に供給されたインクは共通回収流路212によって回収される。第3流路部材70の連通口72(図7(f)参照)は、ジョイントゴム100の各穴と連通しており、液体供給ユニット220(図6参照)と流体的に流通している。第2流路部材60の共通流路溝62の底面には、連通口61(共通供給流路211と連通する連通口61-1、共通回収流路212と連通する連通口61-2)が複数形成されており、第1流路部材50の個別流路溝52の一端部と連通している。第1流路部材50の個別流路溝52の他端部には連通口51が形成されており、連通口51を介して複数の吐出モジュール200と流体的に連通している。この個別流路溝52により流路部材の中央側へ流路を集約することが可能となる。

30

【0038】

40

50

第1～第3流路部材は、液体に対して耐腐食性を有するとともに、線膨張率の低い材質からなることが好ましい。材質としては例えば、アルミナや、LCP（液晶ポリマー）、PPS（ポリフェニルサルファイド）やPSF（ポリサルファン）を母材としてシリカ微粒子やファイバーなどの無機フィラーを添加した複合材料（樹脂材料）を好適に用いることができる。流路部材210の形成方法としては、3つの流路部材を積層させて互いに接着してもよいし、材質として樹脂複合樹脂材料を選択した場合には、溶着による接合方法を用いてもよい。

【0039】

図8は、図7(a)の部を示しており、第1～第3流路部材を接合して形成される流路部材210内の流路を第1の流路部材50の、吐出モジュール200が搭載される面側から一部を拡大して示した透視図である。共通供給流路211と共回収流路212とは、両端部の流路からそれぞれ交互に共通供給流路211と共回収流路212とが配置されている。ここで、流路部材210内の各流路の接続関係について説明する。

10

【0040】

流路部材210には、色毎に液体吐出ヘッド3の長手方向に伸びる共通供給流路211(211a、211b、211c、211d)および共回収流路212(212a、212b、212c、212d)が設けられている。各色の共通供給流路211には、個別流路溝52によって形成される複数の個別供給流路(213a、213b、213c、213d)が連通口61を介して接続されている。また、各色の共回収流路212には、個別流路溝52によって形成される複数の個別回収流路(214a、214b、214c、214d)が連通口61を介して接続されている。このような流路構成により各共通供給流路211から個別供給流路213を介して、流路部材の中央部に位置する記録素子基板10にインクを集約することができる。また、記録素子基板10から個別回収流路214を介して、各共回収流路212にインクを回収することができる。

20

【0041】

図9は、図8のIX-IXにおける断面を示した図である。それぞれの個別回収流路(214a、214c)は連通口51を介して、吐出モジュール200と連通している。図9では個別回収流路(214a、214c)のみ図示しているが、別の断面においては図8に示すように個別供給流路213と吐出モジュール200とが連通している。各吐出モジュール200に含まれる支持部材30および記録素子基板10には、第1流路部材50からのインクを記録素子基板10に設けられるエネルギー発生素子15に供給するための流路が形成されている。更に、支持部材30および記録素子基板10には、エネルギー発生素子15に供給した液体の1部または全部を第1流路部材50に回収(環流)するための流路が形成されている。

30

【0042】

ここで、各色の共通供給流路211は、対応する色の負圧制御ユニット230(高圧側)と液体供給ユニット220を介して接続されており、また共回収流路212は負圧制御ユニット230(低圧側)と液体供給ユニット220を介して接続されている。この負圧制御ユニット230により、共通供給流路211と共回収流路212間に差圧(圧力差)を生じさせている。このため、図8および図9に示したように、各流路を接続した本実施形態の液体吐出ヘッド内では、インク色毎に共通供給流路211～個別供給流路213a～記録素子基板10～個別回収流路213b～共回収流路212へと順に流れるインク流れが発生する。

40

【0043】

<吐出モジュールの説明>

図10(a)は、1つの吐出モジュール200を示した斜視図であり、図10(b)は、その分解図である。吐出モジュール200の製造方法としては、まず記録素子基板10およびフレキシブル配線基板40を、予め液体連通口31が設けられた支持部材30上に接着する。その後、記録素子基板10上の端子16と、フレキシブル配線基板40上の端子41とをワイヤーボンディングによって電気接続し、その後にワイヤーボンディング部

50

(電気接続部)を封止材110で覆って封止する。フレキシブル配線基板40の記録素子基板10と反対側の端子42は、電気配線基板90の接続端子93(図6参照)と電気接続される。支持部材30は、記録素子基板10を支持する支持体であるとともに、記録素子基板10と流路部材210とを流体的に連通させる流路部材であるため、平面度が高く、また十分に高い信頼性をもって記録素子基板と接合できるものが好ましい。材質としては例えばアルミナや樹脂材料が好ましい。

【0044】

<記録素子基板の構造の説明>

図11(a)は記録素子基板10の吐出口13が形成される側の面の平面図を示し、図11(b)は、図11(a)のAで示した部分の拡大図を示し、図11(c)は、図11(a)の裏面の平面図を示す。ここで、本実施形態における記録素子基板10の構成について説明する。図11(a)に示すように、記録素子基板10の吐出口形成部材12に、各インク色に対応する4列の吐出口列が形成されている。なお、以後、複数の吐出口13が配列される吐出口列が延びる方向を「吐出口列方向」と呼称する。図11(b)に示すように、各吐出口13に対応した位置には液体を熱エネルギーにより発泡させるための発熱素子であるエネルギー発生素子15が配置されている。隔壁22により、エネルギー発生素子15を内部に備える流路24(ここでは不図示)の一部である圧力室23が区画されている。エネルギー発生素子15は、記録素子基板10に設けられる電気配線(不図示)によって、端子16と電気的に接続されている。そして、エネルギー発生素子15は、記録装置1000の制御回路から、電気配線基板90(図6参照)およびフレキシブル配線基板40(図10参照)を介して入力されるパルス信号に基づいて発熱して液体を沸騰させる。この沸騰による発泡の力で液体を吐出口13から吐出する。図11(b)に示すように、各吐出口列に沿って、一方の側には供給流路18が、他方の側には回収流路19が延在している。供給流路18および回収流路19は記録素子基板10に設けられた吐出口列方向に伸びた流路であり、それぞれ供給口17a、回収口17bを介して吐出口13と連通している。

【0045】

図11(c)に示すように、記録素子基板10の、吐出口13が形成される面の裏面にはシート状のカバープレート20が積層されており、カバープレート20には、後述する供給流路18および回収流路19に連通する開口21が複数設けられている。本実施形態においては、供給流路18の1本に対して3個、回収流路19の1本に対して2個の開口21がカバープレート20に設けられている。図11(b)に示すようにカバープレート20の夫々の開口21は、図7(a)に示した複数の連通口51と連通している。カバープレート20は、液体に対して十分な耐食性を有している物が好ましく、また、混色防止の観点から、開口21の開口形状および開口位置には高い精度が求められる。このためカバープレート20の材質として、感光性樹脂材料やシリコン板を用い、フォトリソプロセスによって開口21を設けることが好ましい。このようにカバープレート20は、開口21により流路のピッチを変換するものであり、圧力損失を考慮すると厚みは薄いことが好ましく、フィルム状の部材で構成されることが好ましい。

【0046】

図12は、図11(a)におけるXII-XIIにおける記録素子基板10およびカバープレート20の断面を示す斜視図である。ここで、記録素子基板10内での液体の流れについて説明する。カバープレート20は、記録素子基板10の基板11に形成される供給流路18および回収流路19の壁の一部を形成する蓋としての機能を有する。記録素子基板10は、Siにより形成される基板11と感光性の樹脂により形成される吐出口形成部材12とが積層されており、基板11の裏面にはカバープレート20が接合されている。基板11の一方の面側には、エネルギー発生素子15が形成されており(図11参照)、その裏面側には、吐出口列に沿って延在する供給流路18および回収流路19を構成する溝が形成されている。基板11とカバープレート20とによって形成される供給流路18および回収流路19は、それぞれ流路部材210内の共通供給流路211と共に回収流

10

20

30

40

50

路 2 1 2 と接続されており、供給流路 1 8 と回収流路 1 9 との間には差圧が生じている。吐出口 1 3 から液体を吐出して記録を行っている際に、吐出を行っていない吐出口では、この差圧によって基板 1 1 内に設けられた供給流路 1 8 内の液体が、供給口 1 7 a、圧力室 2 3、回収口 1 7 b を経由して回収流路 1 9 へ流れる（図 1 2 の矢印 C）。即ち、液体は、供給流路 1 8 から流路（圧力室）2 3 の内部へと供給され、流路の内部を流れ、流路の内部から回収流路で流路の外部に回収される。そして再び供給流路 1 8 から流路の内部へと供給される。このようにして、流路（圧力室）2 3 の内部の液体を、流路の外部との間で循環させることができる。この流れによって、吐出動作をしていない吐出口 1 3 および圧力室 2 3 において、吐出口 1 3 からの蒸発によって生じる増粘インク、泡および異物などを回収流路 1 9 へ回収することができる。また、吐出口 1 3 や圧力室 2 3 のインクが増粘したり色材の濃度が増したりすることを抑制することができる。回収流路 1 9 へ回収された液体は、カバーブレート 2 0 の開口 2 1 および支持部材 3 0 の液体連通口 3 1（図 1 0 b 参照）を通じて、流路部材 2 1 0 内の連通口 5 1、個別回収流路 2 1 4、共通回収流路 2 1 2 の順に回収され。そして、記録装置 1 0 0 0 の供給経路へと回収される。つまり、記録装置本体から液体吐出ヘッド 3 へ供給される液体は、下記の順に流動し、供給および回収される。

【 0 0 4 7 】

液体は、まず液体供給ユニット 2 2 0 の液体接続部 1 1 1 から液体吐出ヘッド 3 の内部に流入する。そして液体は、ジョイントゴム 1 0 0、第 3 流路部材に設けられた連通口 7 2 および共通流路溝 7 1、第 2 流路部材に設けられた共通流路溝 6 2 および連通口 6 1、第 1 流路部材に設けられた個別流路溝 5 2 および連通口 5 1 の順に供給される。その後、支持部材 3 0 に設けられた液体連通口 3 1、カバーブレート 2 0 に設けられた開口 2 1、基板 1 1 に設けられた供給流路 1 8 および供給口 1 7 a を順に介して圧力室 2 3 に供給される。圧力室 2 3 に供給された液体のうち、吐出口 1 3 から吐出されなかった液体は、基板 1 1 に設けられた回収口 1 7 b および回収流路 1 9、カバーブレート 2 0 に設けられた開口 2 1、支持部材 3 0 に設けられた液体連通口 3 1 を順に流れる。その後液体は、第 1 流路部材に設けられた連通口 5 1 および個別流路溝 5 2、第 2 流路部材に設けられた連通口 6 1 および共通流路溝 6 2、第 3 流路部材 7 0 に設けられた共通流路溝 7 1 および連通口 7 2、ジョイントゴム 1 0 0 を順に流れる。そして液体は、液体供給ユニット 2 2 0 に設けられた液体接続部 1 1 1 から液体吐出ヘッド 3 の外部へ流動する。

【 0 0 4 8 】

図 2 に示した第 1 循環形態においては、液体接続部 1 1 1 から流入した液体は、負圧制御ユニット 2 3 0 を経由した後にジョイントゴム 1 0 0 に供給される。また、図 3 に示した第 2 循環形態においては、圧力室 2 3 から回収された液体は、ジョイントゴム 1 0 0 を通過した後、負圧制御ユニット 2 3 0 を介して液体接続部 1 1 1 から液体吐出ヘッドの外部へ流動する。また、液体吐出ユニット 3 0 0 の共通供給流路 2 1 1 の一端から流入した総ての液体が、個別供給流路 2 1 3 a を経由して圧力室 2 3 に供給されるわけではない。つまり、共通供給流路 2 1 1 の一端から流入した液体で、個別供給流路 2 1 3 a に流入することなく、共通供給流路 2 1 1 の他端から液体供給ユニット 2 2 0 に流動する液体もある。このように、記録素子基板 1 0 を経由することなく流動する経路を備えることで、本実施形態のような微細で流抵抗の比較的大きい流路を備える記録素子基板 1 0 を用いる場合であっても、液体の循環流の逆流を抑制することができる。このように、本実施形態の液体吐出ヘッド 3 では、圧力室 2 3 や吐出口近傍部の液体の増粘等を抑制することができるので、吐出のヨレや不吐出を抑制することができ、結果として高画質な記録を行うことができる。

【 0 0 4 9 】

< 記録素子基板間の位置関係の説明 >

図 1 3 は、隣り合う 2 つの吐出モジュール 2 0 0 における、記録素子基板の隣接部を部分的に拡大して示した平面図である。本実施形態では、略平行四辺形の記録素子基板を用いている。各記録素子基板 1 0 における吐出口 1 3 が配列される各吐出口列（1 4 a ~ 1

4 d)は、記録媒体の搬送方向に対し一定角度傾くように配置されている。そして、記録素子基板 10 同士の隣接部における吐出口列は、少なくとも 1 つの吐出口が記録媒体の搬送方向にオーバーラップするようになっている。図 13 では、線 D 上の 2 つの吐出口が互いにオーバーラップする関係にある。このような配置によって、仮に記録素子基板 10 の位置が所定位置から多少ずれた場合でも、オーバーラップする吐出口の駆動制御によって、記録画像の黒スジや白抜けを目立たなくすることができる。複数の記録素子基板 10 は、いわゆる千鳥配置ではなく、直線上（インライン）に配置してもよい。この場合も、図 13 のような構成により記録素子基板 10 の記録媒体の搬送方向の長さの増大を抑えつつ記録素子基板 10 同士のつなぎ部における黒スジや白抜け対策を行うことができる。なお、本実施形態では、記録素子基板の主平面は平行四辺形であるが、これに限るものではなく、例えば長方形、台形、その他形状の記録素子基板を用いた場合でも、本発明の構成を好ましく適用することができる。

【 0 0 5 0 】

(第 2 形態のインクジェット記録装置)

次に、上述した第 1 形態のインクジェット記録装置とは異なる、第 2 形態のインクジェット記録装置 2000 および液体吐出ヘッド 2003 の構成を説明する。なお以降の説明においては、主として、第 1 形態の記録装置と異なる部分のみを説明し、第 1 形態の装置と同様の部分については説明を省略する。

【 0 0 5 1 】

< インクジェット記録装置の説明 >

図 21 は、第 2 形態のインクジェット記録装置 2000 を示した図である。本実施形態の記録装置 2000 は、シアン C、マゼンタ M、イエロー Y、ブラック K のインク毎に対応した単色用の液体吐出ヘッド 2003 を 4 つ並列配置することで記録媒体へフルカラー記録を行う点が第 1 の実施形態とは異なる。第 1 の実施形態において 1 色あたりに使用できる吐出口列数が 1 列だったのに対し、本実施形態においては、1 色あたりに使用できる吐出口列数は 20 列となっている。このため、記録データを複数の吐出口列に適宜振り分けて記録を行うことで、非常に高速な記録が可能となる。更に、不吐出になる吐出口があったとしても、その吐出口に対して記録媒体の搬送方向に対応する位置にある、他列の吐出口から補間的に吐出を行うことで信頼性が向上し、商業記録などに好適である。第 1 の実施形態と同様に、各液体吐出ヘッド 2003 に対して、記録装置 2000 の供給系、バッファタンク 1003 (図 2 、図 3 参照) およびメインタンク 1006 (図 2 、図 3 参照) が流体的に接続されている。また、それぞれの液体吐出ヘッド 2003 には、液体吐出ヘッド 2003 へ電力および吐出制御信号を伝送する電気制御部が電気的に接続されている。

【 0 0 5 2 】

< 循環経路の説明 >

第 1 の実施形態と同様に、記録装置 2000 および液体吐出ヘッド 2003 間の液体循環経路としては、第 1 の実施形態同様、図 2 または図 3 に示した第 1 および第 2 循環形態を用いることができる。

【 0 0 5 3 】

< 液体吐出ヘッド構造の説明 >

図 14 (a) および (b) は、本実施形態に係る液体吐出ヘッド 2003 を示した斜視図である。液体吐出ヘッド 2003 は、液体吐出ヘッド 2003 の長手方向に直線上に配列される 16 個の記録素子基板 2010 を備え、1 色のインクを吐出するライン型記録ヘッドである。液体吐出ヘッド 2003 は、第 1 形態と同様、液体接続部 111 、信号入力端子 91 および電力供給端子 92 を備える。しかし、本形態の液体吐出ヘッド 2003 は、第 1 形態のヘッドに比べて吐出口列が多いため、液体吐出ヘッド 2003 の両側に信号出力端子 91 および電力供給端子 92 が配置されている。これにより、記録素子基板 2010 に設けられる配線部で生じる電圧低下や信号伝送遅れを低減することができる。

【 0 0 5 4 】

10

20

30

40

50

図15は、液体吐出ヘッド2003を示した斜視分解図であり、液体吐出ヘッド2003を構成する各部品またはユニットがその機能毎に分割して示している。各ユニットおよび部材の役割や液体吐出ヘッド内の液体流通の順は、基本的に第1の実施形態と同様であるが、液体吐出ヘッドの剛性を担保する機能が異なる。第1の実施形態では主として液体吐出ユニット支持部81によって液体吐出ヘッド剛性を担保していたが、第2の実施形態の液体吐出ヘッド2003では、液体吐出ユニット2300に含まれる第2流路部材2060によって液体吐出ヘッドの剛性を担保している。本実施形態における液体吐出ユニット支持部81は、第2流路部材2060の両端部に接続されており、この液体吐出ユニット2300は記録装置2000のキャリッジと機械的に結合されて、液体吐出ヘッド2003の位置決めを行う。負圧制御ユニット2230を備える液体供給ユニット2220と、電気配線基板90は、液体吐出ユニット支持部81に結合される。2つの液体供給ユニット2220内にはそれぞれフィルタ(不図示)が内蔵されている。

【0055】

2つの負圧制御ユニット2230は、それぞれ異なる、相対的に高低の負圧で圧力を制御するように設定されている。また、この図14のように、液体吐出ヘッド2003の両端部にそれぞれ、高圧側と低圧側の負圧制御ユニット2230を設置した場合、液体吐出ヘッド2003の長手方向に延在する共通供給流路と共通回収流路における液体の流れが互いに対向する。このような構成では、共通供給流路と共通回収流路の間で熱交換が促進されて、2つの共通流路内における温度差が低減される。これによって、共通流路に沿って複数設けられる各記録素子基板2010における温度差が少なくなり、温度差による記録ムラが生じにくくなるという利点がある。

【0056】

次に、液体吐出ユニット2300の流路部材2210の詳細について説明する。図15に示すように、流路部材2210は、第1流路部材2050と第2流路部材2060とを積層したものであり、液体供給ユニット2220から供給された液体を各吐出モジュール2200へと分配する。また流路部材2210は、吐出モジュール2200から環流する液体を液体供給ユニット2220へと戻すための流路部材として機能する。流路部材2210の第2流路部材2060は、内部に共通供給流路および共通回収流路が形成された流路部材であるとともに、液体吐出ヘッド2003の剛性を主に担うという機能を有する。このため、第2流路部材2060の材質としては、液体に対する十分な耐食性と高い機械強度を有するものが好ましい。具体的にはSUSやTi、アルミナなど用いることができる。

【0057】

図16(a)は、第1流路部材2050の、吐出モジュール2200がマウントされる面を示した図であり、図16(b)は、その裏面を示しており、第2流路部材2060と当接される面を示した図である。第1形態とは異なり、本形態における第1流路部材2050は、吐出モジュール2200毎に対応した複数の部材を隣接して配列したものである。このように分割した構造を探ることで、複数のモジュールを配列させて、液体吐出ヘッド2003の長さに対応することができるので、例えばB2サイズおよびそれ以上の長さに対応した比較的ロングスケールの液体吐出ヘッドに特に好適に適用することができる。図16(a)に示すように、第1流路部材2050の連通口51は、吐出モジュール2200と流体的に連通し、図16(b)に示すように、第1流路部材2050の個別連通口53は、第2流路部材2060の連通口61と流体的に連通する。図16(c)は、第2流路部材60の、第1流路部材2050と当接される面を示し、図16(d)は、第2流路部材60の厚み方向中央部の断面を示し、図16(e)は、第2流路部材2060の、液体供給ユニット2220と当接する面を示す図である。第2流路部材2060の流路や連通口の機能は、第1形態の1色分と同様である。第2流路部材2060の共通流路溝71は、その一方が後述する図17に示す共通供給流路2211であり、他方が共通回収流路2212であり、夫々、液体吐出ヘッド2003の長手方向に沿って設けられており、その一端側から他端側に液体が供給される。本形態は、第1形態と異なり、共通供給流路

10

20

30

40

50

2211と共に回収流路2212の液体の流れは互いに反対方向となっている。

【0058】

図17は、記録素子基板2010と流路部材2210との液体の接続関係を示した透視図である。流路部材2210内には、液体吐出ヘッド2003の長手方向に延びる一組の共通供給流路2211および共通回収流路2212が設けられている。第2流路部材2060の連通口61は、各々の第1流路部材50の個別連通口53と位置を合わせて接続されている。そして、第2流路部材2060の連通口72から共通供給流路2211を介して第1流路部材2050の連通口51へと連通する液体供給経路が形成されている。同様に、第2流路部材2060の連通口72から共通回収流路2212を介して第1流路部材2050の連通口51へと連通する液体供給経路も形成されている。

10

【0059】

図18は、図17のXVII-XVII線における断面を示した図である。共通供給流路2211は、連通口61、個別連通口53、連通口51を介して、吐出モジュール2200へ接続されている。図18では不図示であるが、別の断面においては、共通回収流路2212が同様の経路で吐出モジュール2200へ接続されていることは、図17を参照すれば明らかである。第1の実施形態と同様に、各吐出モジュール2200および記録素子基板2010には、各吐出口に連通する流路が形成されており、供給した液体の一部または全部が、吐出動作を休止している吐出口を通過して、環流できるようになっている。また、第1形態と同様に、共通供給流路2211は、負圧制御ユニット2230（高圧側）と、共通回収流路2212は負圧制御ユニット2230（低圧側）と、それぞれ液体供給ユニット2220を介して接続されている。従って、その差圧によって、共通供給流路2211から記録素子基板2010の吐出口を通過して共通回収流路2212へと流れる流れが発生する。

20

【0060】

<吐出モジュールの説明>

図19(a)は、1つの吐出モジュール2200を示した斜視図であり、図19(b)は、その分解図である。第1形態との差異は、記録素子基板2010の複数の吐出口列方向に沿った両辺部（記録素子基板2010の各長辺部）に複数の端子16がそれぞれ配置されている点である。これに伴い記録素子基板2010と電気接続されるフレキシブル配線基板40も、1つの記録素子基板2010に対して2枚配置されている。これは記録素子基板2010に設けられる吐出口列数が20列あり、第1の実施形態の8列よりも大幅に増加しているためであり、端子16から記録素子までの最大距離を短くして記録素子基板2010内の配線部で生じる電圧低下や信号遅れを低減するためである。また支持部材2030の液体連通口31は、記録素子基板2010に設けられ全吐出口列を跨るように開口している。その他の点は、第1の実施形態と同様である。

30

【0061】

<記録素子基板の構造の説明>

図20(a)は、記録素子基板2010の吐出口13が配される面の模式図であり、図20(c)は、図20(a)の面の裏面を示す模式図である。図20(b)は図20(c)において、記録素子基板2010の裏面側に設けられているカバーブレート2020を除去した場合の記録素子基板2010の面を示す模式図である。図20(b)に示すように、記録素子基板2010の裏面には吐出口列方向に沿って、供給流路18と回収流路19とが交互に設けられている。吐出口列数は、第1の実施形態よりも大幅に増加しているものの、第1の実施形態との本質的な差異は、前述のように端子16が記録素子基板の吐出口列方向に沿った両辺部に配置されていることである。吐出口列毎に一組の供給流路18と回収流路19が設けられていること、カバーブレート2020に、支持部材2030の液体連通口31と連通する開口21が設けられていることなど、基本的な構成は第1の実施形態と同様である。

40

【0062】

なお、上記実施形態の記載は本発明の範囲を限定するものではない。1例として、本実

50

施形態では発熱素子により気泡を発生させて液体を吐出するサーマル方式について説明したが、ピエゾ方式およびその他の各種液体吐出方式が採用された液体吐出ヘッドにも本発明を適用することができる。

【0063】

本実施形態は、インク等の液体をタンクと液体吐出ヘッドとの間で循環させる形態のインクジェット記録装置（記録装置）について説明したが、その他の形態であってもよい。その他の形態としては、例えばインクを循環せずに、液体吐出ヘッド上流側と下流側に2つのタンクを設け、一方のタンクから他方のタンクへインクを流すことで、圧力室内のインクを流動させる形態であってもよい。

【0064】

また、本実施形態は、記録媒体の幅に対応した長さを有する、所謂ライン型ヘッドを用いる例を説明したが、記録媒体に対してスキャンを行いながら記録を行う、所謂シリアル型の液体吐出ヘッドにも本発明を適用することができる。シリアル型の液体吐出ヘッドとしては、例えばブラックインクを吐出する記録素子基板およびカラーアイントを吐出する記録素子基板を各1つずつ搭載する構成が挙げられるが、これに限るのもではない。つまり、複数個の記録素子基板を吐出口列方向に吐出口がオーバーラップするよう配置した、記録媒体の幅よりも短い短尺の液体吐出ヘッドを作成し、それを記録媒体に対してスキャンさせる形態であってもよい。

【0065】

次に、以上説明した第1および第2形態の液体吐出ヘッドにおける、吐出口およびその近傍の構造に係る本発明のいくつかの実施形態について説明する。

【0066】

（第1実施形態）

図22(a)～(c)は、本発明の第1実施形態に係る液体吐出ヘッドにおける吐出口およびその近傍のインク流路の構造を説明する図である。図22(a)は、インク流路などを、インクが吐出される側から見た平面図、図22(b)は、図22(a)におけるA-A'線断面図、図22(c)は、図22(a)のA-A'線断面の斜視図である。

【0067】

これらの図に示すように、図12などで上述したインクの循環によって、液体吐出ヘッドの基板11上のエネルギー発生素子15が設けられた圧力室23およびその前後の流路24にはインクの流れ17が生じる。すなわち、インク循環を生じさせる差圧によって、供給流路（供給流路）18から基板11に設けられた供給口17を介して供給されたインクは、流路24、圧力室23、流路24を通り、回収口17bを介して回収流路（回収流路）19に至る流れを生じている。尚、上述したが圧力室23は流路24の一部である。

【0068】

上述のインクの流れとともに、非吐出時には、記録素子（エネルギー発生素子）15からその上方の吐出口13までの空間はインクで満たされ、吐出口13の吐出方向側の端部近傍には、インクのメニスカス（インク界面（液面）13a）が形成される。なお、図22(b)では、このインク界面を直線（平面）で表しているが、その形状は吐出口13の壁を形成する部材とインク表面張力に応じて定まり、通常は、凹または凸形状の曲線（曲面）となる。図示を簡略化するべく直線で表している。このメニスカスが形成された状態で、エネルギー発生素子15である電気熱変換素子（ヒータ）を駆動することにより、その発生する熱を利用してインク中に気泡を発生させ吐出口13からインクを吐出することができる。なお、本実施形態においてエネルギー発生素子としてヒータを適用した例で説明するが、本発明はこれに限定されず、例えば圧電素子等の各種エネルギー発生素子を適用可能である。本実施形態では、流路24を流れるインク流の速度は、例えば0.1～100mm/s程度であり、インクが流れた状態で吐出動作を行っても、着弾精度等に与える影響を比較的小なものとできる。

【0069】

< P、W、H の関係について >

10

20

30

40

50

本実施形態の液体吐出ヘッドは、その流路24の高さHと、オリフィスプレート（流路形成部材12）の厚みPと、吐出口の長さ（直径）Wとの関係は、以下で説明するよう定められていることが好ましい。

【0070】

図22(b)において、吐出口13のオリフィスプレートの厚みPの部分（以下、吐出口部13bという）の下端（吐出口部と流路との連通部）における、流路24の上流側の高さがHとして示されている。また、吐出口部13bの長さがPとして示されている。さらに、吐出口部13bの、流路24内の液体の流れ方向の長さがWとして示されている。本実施形態の液体吐出ヘッドは、Hが3~30μm、Pが3~30μm、Wが6~30μmである。また、インクは、不揮発性溶媒濃度が30%、色材濃度が3%で、粘度が0.002~0.003Pa·sに調整されたものである。10

【0071】

本実施形態において、吐出口13からのインクの蒸発によるインクの増粘などを抑制するために以下のようになっている。図43は、液体吐出ヘッドの流路24及び圧力室23内を流れるインクのインク流17（図22参照）が定常状態になったときの吐出口13、吐出口部13b、及び流路24におけるインク流17の流れの様子を示す図である。なお、この図において、矢印の長さはインク流の速度の大きさを示すものではない。図43は、流路24の高さHが14μm、吐出口部13bの長さPが10μm、吐出口の長さ（直径）Wが17μmである液体吐出ヘッドにおいて、供給流路18から流路24に、 $1.26 \times 10^{-4} \text{ m l / min}$ の流量でインクが流入した際の流れを示している。20

【0072】

本実施形態は、流路24の高さH、吐出口部13bの長さP、吐出口部13bのインクの流れ方向の長さWが、下記式(1)を満たす関係を有する。

【0073】

$$H = 0.34 \times P - 0.66 \times W > 1.5 \quad \text{式(1)}$$

本実施形態の液体吐出ヘッドは、この条件を満たすことで、図43に示すように、流路24内を流れるインク流17は吐出口部13b内に流れ込み、吐出口部13bのオリフィスプレート厚の少なくとも半分の位置まで達した後に、再び流路24に戻る流れとなる。流路24に戻ったインクは回収流路19を介して、上述した共通回収流路212へ流れる。つまりインク流17の少なくとも一部が、圧力室23からインク界面13aに向かう方向における吐出口部13bの1/2以上の位置まで達した後、流路24に戻る。この流れにより吐出口部13b内の多くの領域におけるインクの増粘を抑制することができる。このような液体吐出ヘッド内のインク流れが生成されることによって、流路24だけでなく、吐出口部13bのインクについても、流路24へと流れ出ることが可能となる。この結果、インク増粘やインク色材濃度の増加を抑制することができる。30

【0074】

（第2実施形態）

図23は本発明の第2実施形態に係る液体吐出ヘッド内を流れるインクの流れの様子を示す図であり、上述した第1実施形態と同様の部分については、同一記号を付して説明を省略する。40

【0075】

本実施形態は、吐出口からの液体の蒸発によるインクの増粘などの影響をより軽減するために以下のようになっている。図23は、図43と同様に液体吐出ヘッド内を流れるインクのインク流17が定常状態になったときの吐出口13、吐出口部13b、及び流路24におけるインク流17の流れの様子を示す図である。なお、この図において、矢印の長さは、速度の大きさに対応しておらず、速度の大きさに拘わらず一定の長さで表している。図23は、Hが14μm、Pが5μm、Wが12.4μmである液体吐出ヘッドに、供給流路18から、流量が $1.26 \times 10^{-4} \text{ m l / min}$ でインクが流路24に流入した際の流れを示している。

【0076】

10

20

30

40

50

本実施形態は、流路24の高さH、吐出口部13bの長さP、吐出口部13bのインクの流れ方向の長さWが、後述される式(2)を満たす関係を有する。これにより、吐出口からのインクの蒸発により色材濃度が変化したり、粘度が増したりしたインクが、吐出口部13bのインク界面13aの近傍に滞留することを抑制することができる。すなわち、本実施形態の液体吐出ヘッドは、図23に示すように、流路24内を流れるインク流17は、吐出口部13b内に流れ込み、インク界面13aの近傍(メニスカス位置)まで達した後に、再び吐出口部13b内を通って流路24に戻る流れとなる。流路24に戻ったインクは回収流路19を介して、上述した共通回収流路212へ流れる。このようなインク流れが生成されることによって、蒸発の影響を受けやすい吐出口部13b内だけでなく、蒸発の影響が特に顕著なインク界面13a近傍のインクについても、それが吐出口部13bの内部に滞ることなく流路24へと流れ出ることが可能となる。この結果、吐出口近傍の特にインク水分等の蒸発の影響を受け易い部位のインクを滞留させることなく流出させることができ、インク増粘やインク色材濃度の増加を抑制することができる。本実施形態はインク界面13aの少なくとも一部の粘度増加を抑制することができるため、インク界面13aの全域が粘度増加した際と比較して、吐出速度変化等の吐出への影響をより低減することが可能となる。

【0077】

本実施形態の上述したインク流17は、インク界面13a近傍における少なくとも中央部(吐出口の中心部)において、流路24内のインクの流れ方向(図23において左から右へ向かう方向)の速度成分(以下、これを正の速度成分と呼ぶ)を持つ。なお、本明細書では、インク界面13aの少なくとも中央部においてインク流17が正の速度成分を持つ流れのモードを「流れモードA」と呼ぶ。また、後述する比較例のように、インク界面13aの中央部で正の速度成分とは逆方向の、負の速度成分を持つ流れのモードを、「流れモードB」と呼ぶ。

【0078】

図24(a)および(b)は、吐出口部13b内のインクの色材濃度の状態を示す図であり、同図(a)は、本実施形態の状態を示し、同図(b)は、比較例の状態を示している。すなわち、図24(a)は流れモードAの場合を、また、同図(b)は、上述した、吐出口部13b内のインク界面13aの中央部近傍の流れが負の速度成分を持つ比較例に係る流れモードBの場合を示している。そして、図24(a)および(b)に示す等高線は、吐出口部13b内部のインク中の色材濃度の分布を示している。

【0079】

これらの流れモードA、Bは、流路などの構造を示すP、W、Hの値によって定まる。図24(a)は、Hが $14\mu m$ 、Pが $5\mu m$ 、Wが $12.4\mu m$ の形状の液体吐出ヘッドの流路24に、供給流路18から $1.26 \times 10^{-4} m l / min$ のインクが流入したときの流れモードAの状態を示している。一方、図24(b)は、Hが $14\mu m$ 、Pが $11\mu m$ 、Wが $12.4\mu m$ の形状の液体吐出ヘッドの流路24に、供給流路18から $1.26 \times 10^{-4} m l / min$ のインクが流入したときの流れモードBの状態を示している。図24(b)に示す流れモードBでは、図24(a)に示す流れモードAに比べて、吐出口部13bの内部のインクの色材濃度は高い。すなわち、図24(a)に示す流れモードAでは、インク界面13aの近傍まで正の速度成分を持って達するインク流17によって吐出口部13b内のインクを流路24まで置換(流出)できる。これにより、吐出口部13bの内部のインクの滞留を抑制することができ、その結果、色材濃度や粘度の上昇を抑制することができる。

【0080】

図25は、流れモードAを生じる液体吐出ヘッド(ヘッドA)と、流れモードBを生じる液体吐出ヘッド(ヘッドB)のそれぞれから吐出したインクの色材濃度の比較を説明する図である。同図は、ヘッドAおよびヘッドBのそれぞれにおいて、流路24にインク流17を発生させた状態でインクの吐出を行う場合と、インク流17を発生させずに流路内にインクの流れがない状態でインクを吐出させる場合のデータを示している。また、同図

10

20

30

40

50

において、横軸は吐出口からインクを吐出した後の経過時間、縦軸は吐出したインクが記録媒体に形成したドットの色材濃度比である。この濃度比は、吐出周波数 100 Hz で吐出したインクによって形成されたドットの濃度を 1 としたときの、各経過時間後に吐出したインクによって形成されたドットの濃度の比である。

【0081】

図 25 に示すように、インク流 17 が生じていない場合は、ヘッド A、B 共に経過時間 1 秒以上で濃度比が 1.3 以上となり、比較的早い時間でインクの色材濃度が高くなる。また、ヘッド B でインク流 17 を生じさせた場合は、濃度比が約 1.3 までの範囲となり、インク流を生じさせない場合よりも色材濃度の増加を抑制することができ。しかし、吐出口部には濃度比が 1.3 までの、色材濃度が高くなつたインクが滞留しているため、色材濃度変化を抑制する効果は十分でない。これに対し、ヘッド A でインク流を生じさせた場合は、色材濃度比の範囲が 1.1 以下となる。検討により色材濃度変化が 1.2 程度以下であれば、人が色むらを視認することが難しいということが分かっている。つまり、ヘッド A は経過時間が 1.5 秒程度あっても色むらを視認できるほどの色材濃度の変化を抑制することができることがわかる。なお、図 25 は、蒸発に伴い色材濃度が高くなつた場合を示しているが、蒸発に伴い色材濃度が低くなる場合も同様、本実施形態の液体吐出ヘッドは色材濃度の変化を抑制することができる。

【0082】

本願発明者らの検討により、本実施形態における流れモード A を発生させる液体吐出ヘッドは、流路 24 の高さ H、オリフィスプレート（流路形成部材 12）の厚み P、および吐出口の長さ（直径）W の関係が、以下の式（2）を満たすことが分かっている。

$$H^{0.34} \times P - 0.66 \times W > 1.7 \quad \text{式 (2)}$$

以下では、上記式（2）の左辺の値を判定値 J と呼ぶ。本願発明者らの検討では、式（2）を満たす液体吐出ヘッドは、図 23 に示すような流れモード A になり、流れモード B を発生する液体吐出ヘッドは関係式（2）を満たさないことが分かっている。

【0083】

以下、式（2）について説明する。

【0084】

図 26 は、第 2 実施形態の流れモード A を生じる液体吐出ヘッドと、比較例の流れモード B を生じる液体吐出ヘッドの関係を示す図である。図 26 の横軸は、P と H の比（P / H）を示し、縦軸は、W と P の比（W / P）を示している。しきい線 20 は、下記式（3）を満たす線である。

$$(W / P) = 1.7 \times (P / H)^{-0.34} \quad \text{式 (3)}$$

【0085】

図 26 において、H と P と W の関係が、しきい線 20 の上側の斜線で示す領域にある液体吐出ヘッドでは流れモード A となり、しきい線 20 を含めその下側の領域にある液体吐出ヘッドでは流れモード B となる。つまり、下記式（4）を満たす液体吐出ヘッドにおいて流れモード A となる。

$$(W / P) > 1.7 \times (P / H)^{-0.34} \quad \text{式 (4)}$$

式（4）を整理すると式（2）となることから、H と P と W の関係が関係式（2）を満たすヘッド（判定値 J が 1.7 以上のヘッド）は流れモード A となる。

【0086】

上記関係について図 27 および図 28 を参照してさらに説明する。図 27 (a) ~ (d) は、図 26 に示すしきい線 20 の上側と下側のそれぞれの領域となる液体吐出ヘッドにおける、吐出口部 13 b 近傍のインク流 17 の様子を説明する図である。図 28 は、様々な形状の液体吐出ヘッドについて流れが、流れモード A または流れモード B のいずれになるのかを説明する図である。図 28 において、黒丸印は流れモード A となる液体吐出ヘッドで、×印は流れモード B となる液体吐出ヘッドである。

【0087】

図 27 (a) は、H が 3 μm、P が 9 μm、W が 12 μm の形状で、判定値 J が 1.9

10

20

30

40

50

3となり1.7より大きい液体吐出ヘッドにおけるインク流れを示している。すなわち、図27(a)に示す例は、流れモードAである。このヘッドは、図28では点Aに対応する。

【0088】

図27(b)は、Hが8μm、Pが9μm、Wが12μmの形状で、判定値は1.39となり1.7より小さい液体吐出ヘッドにおけるインク流れを示している。すなわち、この流れは流れモードBである。このヘッドは、図28では点Bに対応する。

【0089】

図27(c)は、Hが6μm、Pが6μm、Wが12μmの形状で、判定値は2.0となり1.7より大きい液体吐出ヘッドにおけるインク流れを示している。すなわち、この流れは流れモードAである。そして、このヘッドは、図28では点Cに対応する。

10

【0090】

最後に図27(d)は、Hが6μm、Pが6μm、Wが6μmの形状で、判定値は1.0となり1.7より小さい液体吐出ヘッドにおけるインク流れを示している。すなわち、この流れは流れモードBである。そして、このヘッドは、図28では点Dに対応する。

20

【0091】

以上のように、図26のしきい線20を境界として、流れモードAになる液体吐出ヘッドと流れモードBになる液体吐出ヘッドを分けることができる。つまり、式(2)の判定値Jが1.7より大きい液体吐出ヘッドでは流れモードAとなり、インク界面13aの少なくとも中央部ではインク流17が正の速度成分を持つ。

【0092】

次に、流れモードAを生じる液体吐出ヘッド(ヘッドA)と、流れモードBを生じる液体吐出ヘッド(ヘッドB)のそれぞれから吐出したインク滴の吐出速度の比較について説明する。

【0093】

図29(a)～(b)は、各流れモードの液体吐出ヘッドから吐出後、一定時間休止後の、発数(吐出回数)とそのときの吐出速度との関係を示す線図である。

【0094】

図29(a)は、ヘッドBを用いて、吐出時の温度でインク粘度が4cP程度となる固形分を20wt%以上含む顔料インクを吐出したときの発数と吐出速度の関係を示している。インク流17が存在しても、休止時間によっては20発目程度まで吐出速度の低下が生じている。図29(b)は、ヘッドAを用いて、図29(a)の場合と同じ顔料インクを吐出したときの発数と吐出速度の関係を示しており、休止後1発目から吐出速度の低下は生じていない。本実験では、固形分が20wt%以上含むインクを使用したが、濃度は本発明を限定するものではない。インク中固形分の分散のし易さによるが、概ね固形分量が8wt%以上(8wt%以上)のインクを吐出するときにモードAの効果が明らかに表れる。

30

【0095】

このように流れモードAを生じるヘッドでは、吐出口からのインクの蒸発によるインクの増粘によって吐出速度が低下し易いインクにおいても、インク滴の吐出速度低下を抑制することができる。

40

【0096】

なお、吐出口内のインク流17の流れが流れモードAになるのか流れモードBになるのかについては、上述したように流路などの形状に係るP、W、Hの関係が支配的な影響を及ぼす。これらの条件以外に、例えば、インク流17の流速、インクの粘度、インク流17の流れの方向と垂直方向の吐出口13の幅(Wと直交する方向の吐出口の長さ)といった条件については、P、W、Hに比べて影響が極めて小さい。従って、インクの流速やインクの粘度については要求される液体吐出ヘッド(インクジェット記録装置)の仕様や使用される環境条件に合わせて適宜設定すればよい。例えば、流路24におけるインク流17の流速は0.1～100mm/s、インクの粘度は吐出時の温度において30cP以下

50

のインクを適用可能である。また、使用時の環境変化等により吐出口からのインクの蒸発量が増加する場合には、インク流17の流量を適宜多くすることで流れモードAとすることができます。仮に、流れモードBの液体吐出ヘッドについて、流量をいくら多くしても流れモードAにはならない。つまり、モードAになるのか流れモードBになるのかは、インクの流速やインクの粘度の条件ではなく、上述した液体吐出ヘッドの形状に係るH、P、Wの関係が支配的となる。また、流れモードAになる各種液体吐出ヘッドの中でも、特に、Hが20μm以下、Pが20μm以下、Wが30μm以下となる液体吐出ヘッドは、より高精細な記録が可能となり好ましい。

【0097】

以上のように、流れモードAを生じる液体吐出ヘッドは、インク界面13a近傍まで正の速度成分を持って達するインク流17によって、吐出口部13b内のインク、特に、インク界面近傍のインクを流路24まで流出させることができる。このことから、吐出口部13bの内部のインクの滞留を抑制することができる。それにより、吐出口からのインクの蒸発に対しても、吐出口部内のインクの色材濃度の上昇などを低減することが可能となる。また、本実施形態においては、上述したように流路24内のインクが流れている状態でインクの吐出動作を行う。このため、インクが流路24（圧力室23）から吐出口部13bの内部に入り、インク界面まで到達した後にインク流路に戻るインクの流れがある状態でインクの吐出を行う。その結果、記録動作休止状態においても、常に吐出口部13bの内部の色材濃度の上昇が軽減された状態となるので、記録動作休止後における1発目の吐出を良好に行うことができ、色むらなどの発生も軽減することができる。しかし、本発明は、インク流路24のインク流れが停止している状態でインクの吐出動作を行う液体吐出ヘッドにも適用可能である。記録動作休止後にインク流路内に循環流を発生させることで吐出口部13bの内部のインクの増粘を軽減させ、循環流を停止させた後にインクの吐出を行ってもよい。

【0098】

<吐出口インク界面の粘度分布>

本発明の特徴である、吐出口の開口内の液面の状態（粘度分布）について説明する。図35(a)は、液体吐出ヘッドを吐出口と対向する側（吐出口からインクが吐出する方向）から見たときの、吐出口の開口内の液面の粘度等高線を示す図である。図35(b)は、図35(a)のX-X断面における、吐出口内の位置と粘度の関係を示す図である。吐出口13の中心（ここでは重心）は、図35(a)のX-Xの線分とXX-XXの線分が交わる点である。この点は、図35(b)の横軸において位置「0」となっている点である。そして、この位置「0」の点における粘度を1としたときの、吐出口の開口内の他の部分の液面における粘度比を測定し、これをプロットしている。尚、横軸の「-2」と「2」の部分が、吐出口13の端部となる。

【0099】

図35から分かるように、本発明においては、インク（液体）の吐出口の開口内の液面の中で、インクの粘度を変化させている。液面の中でインクの粘度の異なる領域を、第1の領域と第2の領域とする。このとき、本発明では、第1の領域におけるインクの粘度を、第2の領域におけるインクの粘度よりも1.2倍以上高くする。一例として、吐出口13の開口内のメニスカス界面領域において、インクの粘度が最も小さい領域を第2領域とし、第2領域の粘度に対して粘度が1.2倍以上となる領域を第1領域とする。図35では、図35(b)に示す横軸の位置が「0」付近の粘度比が約1である部分が第2の領域であり、「-1.2」付近から「-2」付近までの領域、及び「1.2」付近から「2」付近の領域が第1の領域となる。つまり、吐出口の中央部付近が領域2となり、吐出口の端部側の領域が領域1となる。このとき、第1の領域におけるインクの粘度は、第2の領域におけるインクの粘度よりも1.2倍以上高くなっている。即ち、本発明では、吐出口13の開口内の液面の中に、第2の領域のようにインクの粘度が低い領域を循環によって形成しつつも、あえてこれよりもインクの粘度の高い第1の領域を形成する。循環によつて第2の領域を形成しておくことで、長時間放置等による目詰まりの発生などを抑制しつ

10

20

30

40

50

つも、あえて形成したインクの粘度が高い第1の領域によって、吐出口からのインクの蒸発を抑制することができる。インクの粘度が高くなった第1の領域では、インクの蒸発が進みにくく、吐出口からのインク（インク成分）の必要以上の蒸発を抑制できる。これによって、系全体のインクの粘度が徐々に高まり、インクの吐出に影響を与えることを抑制する。尚、インクの濃度の高い第1領域があることでインクの吐出に対して影響を与えることになるが、本実施形態のように第1領域が吐出口の中央領域ではなく、周囲領域に形成されるため、吐出への影響を押させることができる。逆に、インクの濃度が小さい第2領域を吐出口の開口の中央領域に形成することで吐出特性を良好に維持することが可能となる。以上、上述した本実施形態の構成により、吐出口の目詰まりの抑制と循環系のインクの粘度（濃度）アップの抑制との両立が可能となる。

10

【0100】

尚、インク（液体）の液面の領域における粘度とは、二次元の液面での粘度ではなく、液面を含み高さ方向に若干の厚み（例えば $1\text{ }\mu\text{m}$ ）を持たせた領域における、インクの粘度のことを意味する。

【0101】

第1の領域は、インクが流路の内部を流れる方向（図35（a）の矢印方向）と直交する方向において、吐出口の端部の側（図35（a）の吐出口13の上下端の側）に位置させることが好ましい。一方、第2の領域は、インクが流路の内部を流れる方向と直交する方向において、吐出口の中央の側（図35（a）の吐出口13の中心の側）に位置させることが好ましい。このようにすることで、吐出特性を維持しつつ、蒸発抑制の効果をより高めることができる。

20

【0102】

図35（a）では、吐出口の中央の領域のインク粘度を1とした場合、吐出口の端部の領域ではインク粘度が約2.5程度となっている。このように、吐出口の中央の領域のインク粘度に対して、吐出口の端部のインク粘度は、1.5倍以上、より好ましくは2.0倍以上であることがより好ましい。

【0103】

また、上記循環を行った場合、一般的に、インクの吐出口13の開口内の液面のうち吐出口の中心部付近のインクの粘度が最も小さくなる。この最も粘度が小さい吐出口の中央の領域におけるインクの粘度をYとする。図35では、 $Y = 1$ である。このとき、インクの粘度が $1.2Y$ 以上となる領域の、吐出口の開口に対する面積の割合は、25%以上、75%以下であることが好ましい。図35（b）では、この面積割合は50%程度である。面積割合を25%以上として、粘度の高い領域（第1の領域）を増やし、吐出口からのインク中の成分の蒸発を抑制する。例えば、循環経路全体のインク粘度（或いは色材濃度）が段々と高まることに対して、濃度調整するような構成においては、調整回数を低減することが可能となる。また、蒸発によって吐出口の下流側で粘度の高いインクの滞留が発生することがあるが、この発生も抑制することができる。好ましくは、面積割合は35%以上とする。一方、面積割合を75%以下として、吐出口の開口内の液面に粘度の高い領域が増えすぎて、インクを吐出して休止した後の1発目のインク吐出が良好でなくなることを抑制できる。好ましくは、面積割合は60%以下とする。尚、以上説明したような吐出口の開口内の液面のインクの粘度の関係は、流路を流れるインクの流速や吐出口形状、インクの物性等によって適宜制御することができる。

30

【0104】

また図35に示すように、吐出口の半径を1とした場合、第2領域は $0 \sim 0.4$ 、第1領域は $0.7 \sim 1$ の領域となる。見方を変えると、第2領域は中心から外枠に向かって $0 \sim 0.4$ の領域、第1領域は吐出口の外枠から中心に向かって $0 \sim 0.3$ の領域となる。

40

【0105】

図44は、図35（a）のXX-X_X断面と、XXX-X_{XX}断面におけるインク流17の様子を示した図である。図44（a）～（d）は、同じ断面位置であるが、吐出口形状はそれぞれ異なる。図44（a）と（b）は前述した流れモードAとなる液体吐出ヘッ

50

ドの場合であり、図44(c)と(d)は流れモードBとなる液体吐出ヘッドの場合である。図に示すように、吐出口の中央の領域では、インク流17が吐出口界面まで達するため、インクの増粘が抑制されている。吐出口の端部では蒸発による流れが支配的となり、インクの増粘が生じることになる。特に、流れモードAの液体吐出ヘッドの場合は、吐出口中央部のインク増粘をより低減することができるため、吐出口の中央の側と端部の側の粘度差が大きくなる。

【0106】

このように、流れモードAとなる液体吐出ヘッドは、吐出口の中央側と端部側での粘度差がより大きくなるため、駆動休止後一発目の吐出を良好に行うことと、系全体の粘度が高まることを、良好に両立することができる。

10

【0107】

また、液体吐出ヘッドを温調してインクを吐出する場合、特にインクを加温する場合は、吐出口からの蒸発が促進されるので、吐出口の開口面でインクが増粘する領域、即ち第1の領域を形成しやすい。

【0108】

<水分少インク>

図45は、インクの水分量と水分蒸発に伴う粘度変化の例を示す図であり、水分量が7.5wt%であるインクと、水分量が6.5wt%であるインクを例にとって示している。図に示すように、インク中の水分量が少ないほど、蒸発が進んだ際の粘度差が大きくなる。よって、本発明の液体吐出ヘッドに水分量が少ないインクを用いることで、吐出口の中央の側と吐出口の端部の側のインク粘度差をより大きくすることができます。特にインク中の水分量が6.5wt%以下のインクを用いることが好ましい。尚、水分量とは、インク全質量に対する水の質量割合であるが、蒸発しやすい液体であれば、水の代わりとして、或いは水と合算して考えることもできる。

20

【0109】

水分を少なくする以外の方法で、インクによって第1の領域を増やす方法について説明する。インクの固形分量が10wt%以上であると、粘度上昇が生じやすい。従って、吐出口の開口面に粘度の高い領域（第1の領域）を形成しやすい。また、インクが顔料を含んでいる場合、顔料は、顔料粒子の静電反発力を利用する自己分散顔料と樹脂吸着による立体障害を利用する樹脂分散顔料によって分散安定化されている。水分が蒸発し、顔料濃度が上昇する場合、顔料同士の粒子間距離が近接する。その際、樹脂分散顔料は樹脂が阻害し凝集しづらいが、自己分散顔料は阻害するものがなく凝集しやすい。したがって、自己分散顔料は樹脂分散顔料より水分蒸発時の粘度上昇が大きくなる。この為、インクが自己分散顔料を含んでいると、吐出口の開口面に粘度の高い領域（第1の領域）を形成しやすい。

30

【0110】

<吐出口形状>

図46及び図47は、吐出口の形状のパターンを示す図である。図46に示す吐出口13は、インク流17の流れ方向に長手方向が伸びた橢円状の形状をしている。このような形状の吐出口の場合は、流路を流れるインク流17によってインク増粘を抑制される領域が小さくなり、インク粘度が高い領域（第1の領域）を多くすることができる。このように流れ方向の内径が流れに交差する方向の内径よりも大きい吐出口とすることで、本発明の効果をより良好に発現することができる。

40

【0111】

図47(a)～(h)に示す吐出口の形状は、対向する位置に突起物5が形成されたものである。突起物5は吐出口から吐出口の内部にまで連続して延在している。図47(a)、(c)、(e)、(g)は、吐出口と対向する位置から見た図である。図47(b)、(d)、(f)、(h)は、これらのA-A'における断面図である。図47(a)、(b)に示す吐出口には、流路内を流れるインクの流れ方向に突出する突起物5が形成されている。図47(c)、(d)に示す吐出口には、流路内を流れるインクの流れ方向と

50

交差する方向に突出する突起物 5 が形成されている。図 4 7 (e) ~ (f) では、これらの突起物 5 が丸みを帯びた形状になっている。いずれも突起物 5 は対向して 2 つ形成されており、突起物 5 間に形成されるインクのメニスカスが、その他の部分のメニスカスに比べて維持されやすくなる。従って、吐出口から延出するインク滴の尾引きを、より早いタイミングで切断することができ、主滴に付随して発生する微小液滴であるミストの発生を抑制することができる。

【 0 1 1 2 】

図 4 7 に示す形状の吐出口は、吐出口の端部が長くなる為、吐出口の開口面積に対して吐出口の端部に近い部分の面積割合が高くなる。従って、インクの流れによって開口面でインク増粘が抑制される領域が小さくなり、インク粘度が高い領域（第 1 の領域）の面積を大きくすることができます。特に、図 4 7 (c)、(d) や、図 4 7 (g)、(h) に示した形状、即ち流路内を流れるインクの流れ方向と交差する方向に突起物 5 が突出している構成であると、図 4 6 で説明したのと同様に、インク増粘を抑制される領域が小さくなる。従って、吐出口の開口面でインク粘度が高い領域（第 1 の領域）の面積を大きくすることができます。

10

【 0 1 1 3 】

尚、以上のように突起物 5 を有する場合において、上述した流れモード A となる形状が、効果を発現する上で好ましい。

【 0 1 1 4 】

また、本発明はインクの流れの発生手段を限定するものではない。液体吐出ヘッドの外部に発生手段を有する構成や液体吐出ヘッド内に発生手段を有する構成であってもよい。例えば流路（圧力室）内のインクを循環させる方法としては、圧力差を設ける差圧方式と流路内に設けたマイクロポンプ方式が挙げられる。本発明は、いずれの方式であっても成り立つが、循環流の安定かつ高い流速を実現し易い観点からは、差圧方式であることが好ましい。

20

【 0 1 1 5 】

（第 3 実施形態）

図 3 0 は、本発明の第 3 実施形態に係る液体吐出ヘッド内を流れるインクのインク流の流れの様子を示す図であり、上述した実施形態と同様の部分については、同一記号を付して説明を省略する。図 3 0 に示すように、本実施形態においては吐出口 1 3（吐出口部 1 3 b）近傍の流路 2 4 の高さは、他の部分の流路 2 4 の高さよりも低くなっている。具体的には、流路 2 4 と吐出口部 1 3 b との連通部の、流路内の液体の流れ方向に関する上流側での流路 2 4 の高さ H は、流路 2 4 と供給流路 1 8（図 2 2 参照）との連通部における流路 2 4 の高さより低い。

30

【 0 1 1 6 】

本実施形態は、流路 2 4 と供給流路 1 8 との連通部から吐出口部の近傍までの流路高さ、また、吐出口部近傍から回収流路 1 9 までの流路高さを比較的高くすることにより、その部分の流路抵抗を低くすることができる。また、吐出口部 1 3 b の近傍の流路高さ H を相対的に小さくすることで、第 1 実施形態で説明した流れモード A の液体吐出ヘッドとすることができる。通常、式（2）を満たすために、流路 2 4 の高さを全体的に低くすると、供給流路 1 8 または回収流路 1 9 から吐出口 1 3 までの流路抵抗が高くなってしまい、吐出により不足したインクを再充填する速度（リフィル速度）が低下する場合がある。従って、本実施形態の構成によって必要な部位の流路高さを低くして式（2）を満たしつつ、必要なリフィル速度を確保することが可能となる。

40

【 0 1 1 7 】

（第 4 実施形態）

図 3 1 は、本発明の第 4 実施形態に係る液体吐出ヘッド内を流れるインクのインク流の流れの様子を示す図である。図 3 1 において、オリフィスプレート 1 2 の表面の吐出口 1 3 の周囲に凹部 1 3 c が形成されている。つまり、オリフィスプレートに形成された凹部内に吐出口 1 3 が形成されている。通常状態においてインクのメニスカス（インク界面 1

50

3 a)は、吐出口 1 3 と凹部 1 3 c の境界面に形成される。本実施形態も、式(2)を満たし、流れモードAとなる。本実施形態における式(2)におけるPは、吐出口部の長さ、つまり、図3 1に示すように、インクのメニスカスが形成される部分から流路2 4までの長さとなる。すなわち、オリフィスプレート1 2の厚みが吐出口1 3と接する箇所の近傍で他の箇所よりも薄くなっている。具体的には、吐出口1 3の近傍におけるオリフィスプレート1 2の厚みは、流路2 4と供給流路1 8(図2 2参照)との連接部におけるオリフィスプレートの厚みより薄い。

【0 1 1 8】

本実施形態は、オリフィスプレート1 2の厚みをヘッド全体としてはある程度厚く保ちながら、吐出口部1 3 b近傍のオリフィスプレートの厚みPを小さくすることができる。通常、式(2)を満たすために吐出口部の長さPを短くすると、オリフィスプレート全体の厚みが薄くなってしまい、オリフィスプレートの強度が低下する。しかし、本実施形態の構成によれば、第1実施形態および第2実施形態の効果に加えてオリフィスプレート1 2全体としての強度を確保することができる。

10

【0 1 1 9】

(第5実施形態)

図3 2は、本発明の第5実施形態に係る液体吐出ヘッド内を流れるインクのインク流の流れの様子を示す図である。図3 2に示すように、流路2 4の高さが吐出口1 3と接続する付近で他の箇所よりも低くなり、また、オリフィスプレート1 2の表面の吐出口1 3の周囲には凹部1 3 cが形成されている。具体的な構成としては、流路2 4と吐出口部1 3 bとの連通部の、流路内の液体の流れ方向に関する上流側の流路2 4の高さHは、流路2 4と供給流路1 8(図2 2参照)との連通部における流路2 4の高さより低い。

20

【0 1 2 0】

本実施形態は、供給流路1 8または回収流路1 9から吐出口1 3までの流路抵抗を低く保ちながら、吐出口近傍の流路高さHを低くすることができ、さらに、吐出口部1 3 bの長さPも短くすることができる。通常、流路2 4の高さを吐出口1 3と接続する付近で他の箇所よりも低くすると、それに伴い吐出口1 3近傍のオリフィスプレート1 2の厚みが厚くなり、吐出口1 3の長さPが長くなってしまう。これに対し、本実施形態の構成によれば、第1実施形態および第2実施形態の効果に加えて必要なリフィル速度を確保することができる。

30

【0 1 2 1】

(第6実施形態)

図3 3は、本発明の第6実施形態に係る液体吐出ヘッド内を流れるインクのインク流の流れの様子を示す図である。図3 3に示すように、本実施形態の液体吐出ヘッドは、流路2 4と吐出口部1 3 bとの連通部に段差部を有している。本実施形態において、吐出口1 3から上記段差部が形成される部位までが吐出口部1 3 bであり、吐出口部1 3 bはこれより径の大きい部位(流路の一部)を介して流路2 4に接続される。よって、本実施形態におけるP、W、Hは、図に示すように規定される。このような形状の液体吐出ヘッドにおいても、式(2)を満たし、流れモードAを生じさせる。

【0 1 2 2】

このように、流路から吐出口に向かう部位を多段構成とすることで、エネルギー発生素子1 5から吐出口1 3へ向かう方向の流抵抗を比較的小さくすることができる。本実施形態の構成は、第1実施形態および第2実施形態の効果に加えて、例えば、5 p 1以下の小液滴を吐出する場合に好ましいものである。

40

【0 1 2 3】

(第7実施形態)

図3 4は、本発明の第7実施形態に係る液体吐出ヘッド内を流れるインクのインク流の流れの様子を示す図である。図3 4に示すように、吐出口1 3と流路2 4との間を連通する吐出口部1 3 bは円錐台形である。具体的には、流路側の吐出口部1 3 bの開口径が吐出口1 3側の吐出口部1 3 bの開口径より大きく、側壁はテーパ形状となっている。この

50

構成により、エネルギー発生素子 15 から吐出口 13 へ向かう方向の流抵抗を比較的小さくすることができる。本実施形態において、式(2)のWは、図34に示すように、吐出口部 13b と流路 24との連通部の長さをWと規定している。本実施形態の構成は、第1実施形態の効果に加えて、例えば、5p1以下の小液滴を吐出する際に好ましい構成である。

【0124】

(第8実施形態)

図36～図38は、本発明の第8実施形態に係る液体吐出ヘッドを説明する図である。本実施形態は第2から第8の実施形態をより良くする形態であって、前述の実施形態を制限するものではない。吐出口 13 に形成されるインク界面 13a からのインク水分などの蒸発量と、インク流 17 の流量との関係について、図36および図37を参照して説明する。環境条件等によってインク界面 13a からの蒸発量が比較的多く、その蒸発量に対してインク流 17 の流量が十分ではない場合は、図36(a)に示すように、吐出口部 13b 内におけるインクの流れはインク界面 13a に向かう流れが支配的になる。このように吐出口部 13b におけるインクの流れがインク界面 13a に向かう流れが支配的になる流れのモードを、以下では、流れモードCと呼ぶ。流れモードCが生じているときには、図37(a)に示すように、吐出口部内の色材濃度は蒸発により比較的高くなる。それに対して、蒸発量が多くても蒸発量に対してインク流 17 が十分な場合は、図36(b)に示すように流れモードAとなる。そして、これにより、図37(b)に示すように、吐出口部内の色材濃度は比較的低くなる。すなわち、第1実施形態で説明した式(2)を満たす液体吐出ヘッドにおいては、液体吐出ヘッドの使用時の環境条件等によりインク界面 13a からの蒸発量が増加しても、インク流 17 の流量を十分に多くすることによって、流れモードAにすることができる。これにより、吐出口からのインクの蒸発によって色材濃度変化などが生じたインクが吐出口部 13b に滞留することを抑制することができる。

10

20

30

【0125】

比較例として式(2)を満たさない液体吐出ヘッドの場合について説明する。この例では、インク流 17 の流量をどんなに増加させても流れモードAにはならない。つまり、流れモードAとするためには、式(2)を満たすことが必要となる。

【0126】

ここで、式(2)を満たす液体吐出ヘッドの場合においても、インク流 17 の量を多くするとそれに伴って圧力損失が大きくなる。このため、共通供給経路 211 と共通回収流路 212(図2、図3参照)との圧力差を大きくする必要がある。また、液体吐出ヘッド内の各吐出口までの圧力差が大きくなり、吐出特性を均一にすることが困難となる。従って、これらの観点からは、インク流 17 の流量はできるだけ小さくすることが望ましい。

40

【0127】

そこで、流れモードAにするために必要最低限のインク流 17 の流速条件について以下に説明する。

【0128】

本実施形態は、Hが3～6μm、Pが3～6μm、Wが17～25μmの液体吐出ヘッドにおいて、蒸発により色材濃度変化が生じたインクが吐出口部 13b の内部に滞留することを抑制するべく、以下の条件とする。つまり、インク流 17 の平均流速V17とインク界面 13a からの平均蒸発流速V12との関係を下記式(5)とする。

$$V_{17} \geq V_{12} \times 27 \quad \text{式(5)}$$

【0129】

本願発明者らの検討により、式(5)を満たす液体吐出ヘッドは流れモードAになることが分かっている。Hが3～6μm、Pが3～6μm、Wが17μm以上の液体吐出ヘッドは、式(2)を満たすことから、蒸発量に対して十分な量のインクを循環することで流れモードAにすることができる。上記式(5)は、流れモードAにするために必要な循環流速について示した式である。式(5)について、図38を参照して説明する。

【0130】

50

図38は、流れモードAになる蒸発速度と循環流速と、流れモードCになる蒸発速度と循環流速の関係を示す図である。図38の横軸は蒸発速度V12、縦軸は循環によるインク流の流速V17であり、4つの形状の液体吐出ヘッド1～4それぞれについて流れモード毎のデータを示している。液体吐出ヘッド1は、Hが6μm、Pが6μm、Wが17μmで、判定値Jが2.83である。液体吐出ヘッド2は、Hが6μm、Pが6μm、Wが21μmで、判定値Jが3.5である。液体吐出ヘッド3は、Hが5μm、Pが3μm、Wが21μmで、判定値Jが5.88である。液体吐出ヘッド4は、Hが5μm、Pが3μm、Wが25μmで、判定値Jが7.0である。

【0131】

図38から、ある1つの液体吐出ヘッドでは、流れモードCではなく流れモードAにするために必要な循環流速V17は、蒸発流速V12に比例することが分かる。また、判定値Jが小さいほど流れモードAにするために必要な循環流速が大きいことが分かる。さらに、Hが3～6μm、Pが3～6μm、Wが17～25μmの液体吐出ヘッドで、判定値Jが最も小さい2.83（液体吐出ヘッド1）の場合は、循環流速を蒸発流速の27倍以上にすると流れモードAになることが分かる。従って、Hが3～6μm、Pが3～6μm、Wが17μm以上の液体吐出ヘッドにおいては、式(5)を満たすことで流れモードAとなり、蒸発により色材濃度変化が生じたインクが吐出口部13bに滞留することを抑制することができる。つまり、吐出口13からの液体蒸発に伴う、画像の色むらの発生などを低減することが可能となる。例えば、本願発明者らの実験では、Wが18μmの円形吐出口からの蒸発量が約140pl/sであり、平均蒸発流速は約 1.35×10^{-4} m/sとなるので、この場合は、平均約0.0036m/s以上の循環流速が必要となる。ここで蒸発量とは、吐出口部13bのインクが濃度変化していない際の蒸発量を指す。

10

【0132】

同様に、Hが8μm、Pが8μm、Wが17μmで、判定値Jが2.13の液体吐出ヘッドでは、インク流17の平均流速V17をインク界面13aからの平均蒸発流量V12の50倍以上にすることで流れモードAになる。従って、Hが8μm以下、Pが8μm以下、Wが17μm以上の液体吐出ヘッドにおいては、インク流17の平均流速V17をインク界面13aからの平均蒸発流量V12の50倍以上にすることで流れモードAにすることができる。これにより、蒸発により色材濃度変化などが生じたインクが吐出口部13b内に滞留することを抑制することができる。その結果、吐出口13からの液体蒸発に伴う、画像の色むらなどの発生を低減することが可能となる。上記と同様に、Wが18μmの円形吐出口からの蒸発量が約140pl/sの場合は、平均で約0.0067m/s以上の循環流速が必要となる。

20

【0133】

同様に、Hが15μm、Pが7μm、Wが17μmで、判定値Jが1.87の液体吐出ヘッドでは、インク流17の平均流速V17をインク界面13aからの平均蒸発流量V12の50倍以上にすることで流れモードAを生じさせることができる。従って、Hが15μm以下、Pが7μm以下、Wが17μm以上の液体吐出ヘッドでは、インク流17の平均流速V17をインク界面13aからの平均蒸発流量V12の100倍以上にすることで流れモードAにすることができる。上記と同様に、Wが18μmの円形吐出口からの蒸発量が約140pl/sの場合は、平均で約0.0135m/s以上の循環流速が必要となる。

30

【0134】

次に、異なる液体吐出ヘッドの構成について説明する。本液体吐出ヘッドは、Hが14μm以下、かつPが12μm以下、かつWが17μm以上であり、かつHとPとWが式(2)を満たす液体吐出ヘッドである。この液体吐出ヘッドは、吐出口からのインクの蒸発により色材濃度変化などが生じたインクが吐出口部13bに滞留することを抑制するべく以下式(6)を満たしている。つまり、循環流17の平均流速V17とインク界面13aからの平均蒸発流速V12が下記式(6)を満たしている。

$$V17 = 900 \times V12 \quad \text{式(6)}$$

40

50

【0135】

Hが12.3μm、Pが9μm、Wが17μmの液体吐出ヘッド（判定値Jが1.7）では、インク流17の平均流速V17をインク界面13aからの平均蒸発流速V12の900倍にすることで流れモードAにすることができます。同様に、Hが10μm、Pが10μm、Wが17μmの液体吐出ヘッド（判定値Jが1.7）でも、インク流17の平均流速V17をインク界面13aからの平均蒸発流速V12の900倍にすることで流れモードAにすることができます。同様に、Hが8.3μm、Pが11μm、Wが17μmの液体吐出ヘッド（判定値Jが1.7）においても、循環流17の平均流速V17をインク界面13aからの平均蒸発流速V12の900倍にすることで流れモードAにすることができます。同様に、Hが7μm、Pが12μm、Wが17μmの液体吐出ヘッド（判定値Jが1.7）においても、循環流17の平均流速V17をインク界面13aからの平均蒸発流速V12の900倍にすることで流れモードAにすることができます。

【0136】

従って、Hが14μm以下、かつPが12μm以下、かつWが17μm以上であり、かつHとPとWが、式(2)を満たす液体吐出ヘッドは、式(6)を満たすことで流れモードAとなる。

【0137】

以上の第8実施形態について、流れモードAとなる条件をまとめると、次のようになる。

【0138】

Hが14μm以下、Pが12μm以下、Wが17μm以上30μm以下であり、流路の液体の流速は、吐出口からの蒸発速度の900倍以上である。

【0139】

または、Hが15μm以下、Pが7μm以下、Wが17μm以上30μm以下であり、流路の液体の流速は、吐出口からの蒸発速度の100倍以上である。

【0140】

または、Hが8μm以下、Pが8μm以下、Wが17μm以上30μm以下であり、流路の液体の流速は、吐出口からの蒸発速度の50倍以上である。

【0141】

または、Hが3μm以上6μm以下、Pが3μm以上6μm以下、Wが17μm以上30μm以下であり、流路の液体の流速は、吐出口からの蒸発速度の27倍以上である。

【0142】

ここで、上記液体の流速の規定は、各ヘッド形状範囲における最もモードAになり難い形状でもモードAになる範囲であり、各ヘッド形状範囲の他の形状では、それよりも小さい流速でモードAになる場合もあるということである。

【0143】

(第9実施形態)

図39～図42は、本発明の第9実施形態に係る液体吐出ヘッドについて説明するための図であり、本実施形態は、下記2種類の特性と吐出口を含む流路形状との関係に関するものである。

【0144】

特性1) インク流の流れモード

特性2) 吐出口から吐出される吐出液滴

特に、吐出量Vdが5p1の3種類の以下の吐出口形状を例に上記特性との関係を説明する。

流路形状A) H = 14μm、P = 11μm、W = 16μm (J = 1.34)

流路形状B) H = 09μm、P = 11μm、W = 18μm (J = 1.79)

流路形状C) H = 14μm、P = 06μm、W = 18μm (J = 2.30)

ここで、

H : 流路24内の液体の流れ方向に関する上流側での流路24の高さ(図22参照)

P : 吐出口13から液体が吐出される方向における吐出口部13bの長さ(図22参照)

W : 流路 2 4 内の液体の流れ方向に関する吐出口部 1 3 b の長さ (図 2 2 参照)

Z : 吐出口 1 3 部の内接円の有効長さ

ただし、吐出口 1 3 の形状は円形であるため (図 2 2 参照) 、吐出口 1 3 部の内接円の有効径 Z と W は等しい。

【 0 1 4 5 】

また、 V_d が 5 μl を例に取り上げたのは、吐出量が大きい場合、主滴と複滴 (以下、サテライトともいう) が複数以上発生し易くなり、これらが画質劣化を招くからである。

【 0 1 4 6 】

図 3 9 (a) ~ (c) は、 3 つの流路形状 A ~ C の流れモードを示す図であり、図 4 0 は、横軸に H 、縦軸に P で吐出量 V_d が約 5 μl 吐出されるように吐出口径を変化させた場合の判定値 J の値を示した等高線図である。

10

【 0 1 4 7 】

流路形状 A は、判定値 $J = 1 . 3 4$ であり、図 3 9 (a) に示すように、流れモード B を生じる。流路形状 A の H と P を加算した寸法 (以下、 OH ともいう) は $2 5 \mu m$ となるが、判定値 J を増加させるには、 H もしくは P を小さくし、 OH を低下させる必要がある。 $OH = 2 0 \mu m$ の場合、 H のみを小さくした流路形状 B は、判定値 $J = 1 . 7 9$ であり、図 3 9 (b) に示すように、流れモード A を生じる。また、 P のみを小さくした流路形状 C は、判定値 $J = 2 . 3 0$ であり、図 3 9 (c) に示すように、同様に流れモード A になる。これに加え、流路形状 C は、流路形状 B よりも吐出口内部へのインク流の流れが入り込み易く、吐出口部 1 3 b の内部のインクの滞留をより抑制することができる。したがって、インク流の流れモードに関して以下の形状が挙げられる。

20

【 0 1 4 8 】

形状特性 (1) 等しい OH の場合、 P を小さくすることが好ましい (図 4 0 参照)

形状特性 (2) OH は低下させることが好ましい (図 4 0 参照)

一方、図 4 1 (a) ~ (c) は、 3 種類の流路形状 A ~ C それぞれの吐出液滴を観察した結果を示す図である。図 4 2 は、横軸に H 、縦軸に P で、吐出量 V_d が約 5 μl 吐出されるように吐出口径を変化させた場合の気泡が大気と連通する時間 (以下、 T th ともいう) を計算より算出した値を示した等高線図である。

【 0 1 4 9 】

図 4 1 (a) および (c) は、吐出液滴が主滴とサテライトの 2 種類が発生する場合を示している。一方、図 4 1 (b) は、主滴と複数のサテライトが発生する場合を示している。流路形状 A は、 $T_{th} = 5 . 8 \mu s$ 、流路形状 C は、 $T_{th} = 4 . 5 \mu s$ であり、これらに対して、流路形状 B は、 $T_{th} = 3 . 8 \mu s$ であり、 T_{th} が小さくなる (図 4 2 参照) 。一般に、吐出量 V_d が本実施形態のような大きい場合、 T_{th} が小さいとサテライトが複数発生する。これは、 T_{th} が小さい、つまり大気連通が促進されると、細長いテール (尾引き) が発生し易く、テールの不安定化に伴う節が多数発生するためである。その結果、細長いテールは 1 つに収縮することができず、図 4 1 (b) に示すように、サテライトが複数発生する。従って、サテライトに関して以下の抑制を挙げることができる。

30

形状特性 (3) 等しい OH の場合、 P を小さくすることが好ましい (図 4 2 参照)

形状特性 (4) OH 増加させることが好ましい (図 4 2 参照)

40

【 0 1 5 0 】

以上より、吐出口部 1 3 b 内のインク滞留の抑制に必要な判定値 J の増加には、形状特性 A) OH 低下させること、

形状特性 B) 等しい OH の場合、 H より P を小さくすること、

また、主滴とサテライトの抑制に必要な判定値 T th の増加には、

形状特性 C) OH 増加させること、

形状特性 D) 等しい OH の場合、 H より P を小さくすること、

が挙げられる。形状特性 A) と形状特性 C) が相反する特性を示すため、両立解として以下の条件を満足させることが望ましい。

流れモードの判定値 $J > 1 . 7$ 、かつ大気と連通時間の判定値 $T_{th} > 4 . 0 \mu s$

50

【0151】

従って、図42に示すような範囲にすることが好ましい。ここで、判定値Tthが上記条件を満たすとき、図42に示す線図において判定値Tthは、

$$Tth = 0.350 \times H + 0.227 \times P - 0.100 \times Z$$

と近似される。上記はHやPが小さい場合やZが増加した場合、Tthが小さくなり、サテライトが複数発生し易くなることを示す。特に、HはPの約1.5倍の感度を有するため、等しいOHの場合、Pを小さくすることがTthの小化を抑制し、サテライトの発生を抑制できる。従って、上記条件は、次の式で表すことができる。

$$0.350 \times H + 0.227 \times P - 0.100 \times Z > 4 \quad \text{式(7)}$$

と表すことができる。

10

【0152】

上記成立範囲の吐出口の形状特性とすることにより、吐出量Vdが5ngでの循環効果（吐出口部13b内のインクの滞留抑制）とサテライトの発生の抑制を満足することが可能になる。

【0153】

以上説明したように本発明においては、第2実施形態で説明した式(2)を満たすことで、流れモードAとすることができます、吐出口部13b内のインクの滞留を抑制することができ、それにより、色材濃度の上昇などを低減することが可能となる。流路24を流れるインクの流速については、本実施形態で説明した考え方から、液体吐出ヘッドが使用される条件、環境等に応じて適宜設定すればよい。

20

【0154】

尚、基板に供給流路や流出流路の一部が形成され、これら流路が基板を貫通している例を示したが、これら流路は基板を貫通していなくてもよい。例えば基板上にのみ、これら流路が形成されていてもよい。また、上記各実施形態においては、循環を行う動力源であるポンプを液体吐出ヘッドの外部である液体吐出装置の本体に設けられる例を示したが、動力源を液体吐出ヘッド3に設ける構成であっても良い。特に、記録素子を備える記録素子基板10（図10）に、発熱素子やピエゾ素子等からなるマイクロポンプ（マイクロアクチュエータ）を設ける構成でも良く、装置本体側のポンプとヘッド側のマイクロポンプと併用する形態であっても良い。

【0155】

30

マイクロポンプを記録素子基板に設ける場合は、液体を保持する共通液室（不図示）と、圧力室23と共に共通液室とを連通する第1の流路（不図示）と、圧力室23と共に共通液室とを連通する第2の流路（不図示）と、を備える。マイクロポンプは第2流路に設ける構成が適用できる。第2流路は屈曲部を有する略U字形状の流路とすることが可能である。

【0156】

本発明は上記実施の形態に制限されるものではなく、本発明の技術的思想及び範囲から離脱することなく、様々な変更及び変形が可能である。

【符号の説明】**【0157】**

13 吐出口

40

13a メニスカス（液面）

13b 吐出口部

15 エネルギー発生素子

18 供給流路

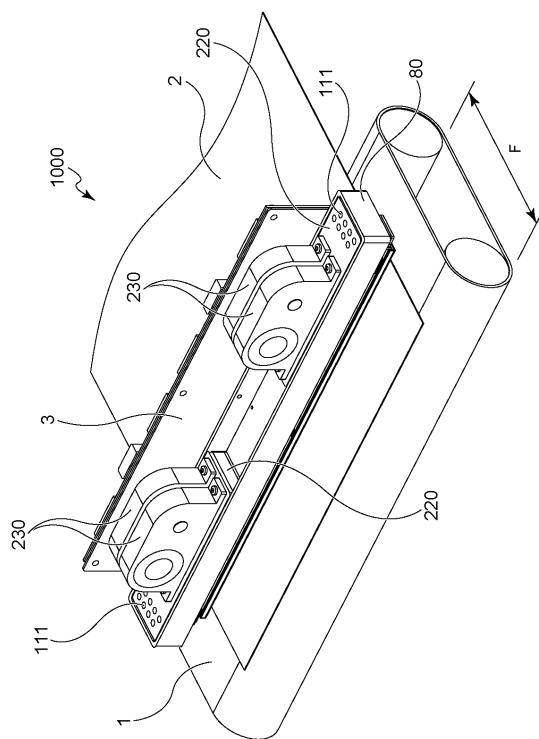
19 回収流路

24 流路

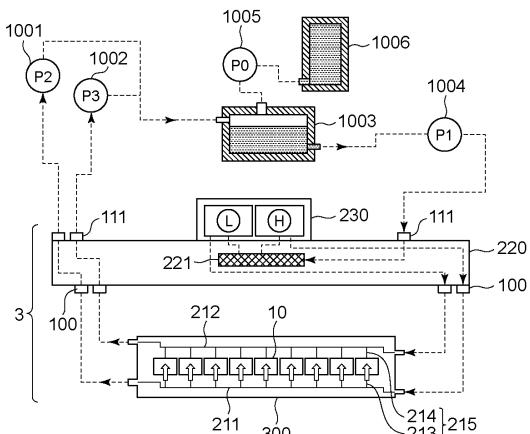
50

【四面】

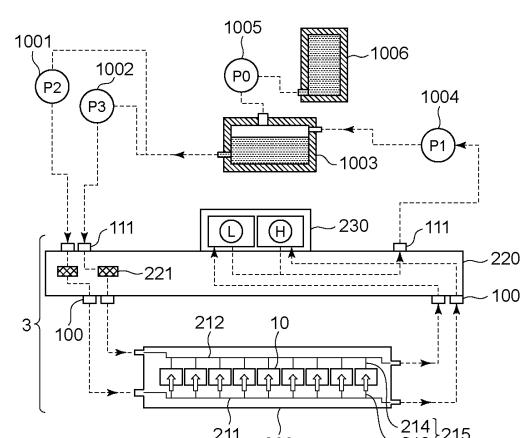
【 図 1 】



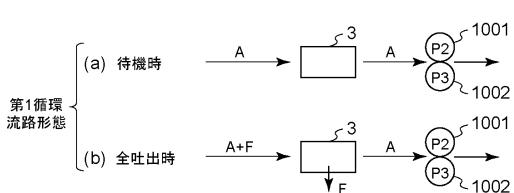
【図2】



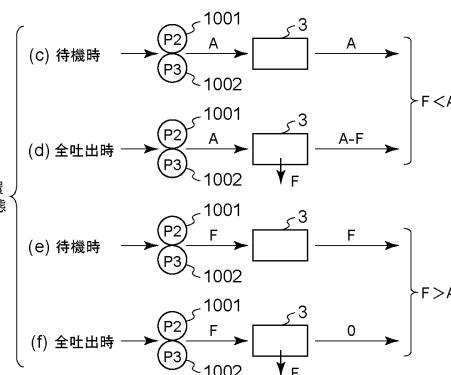
【図3】



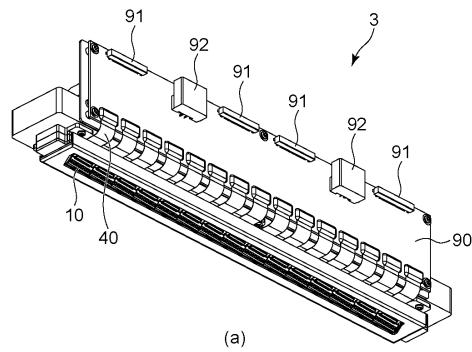
【 四 4 】



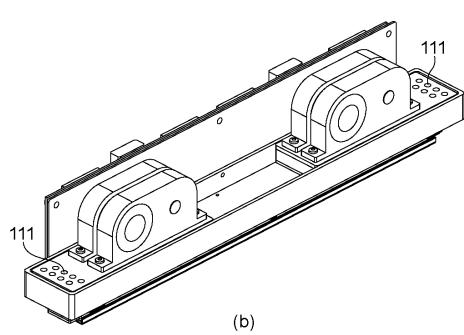
第2循環



【図5】

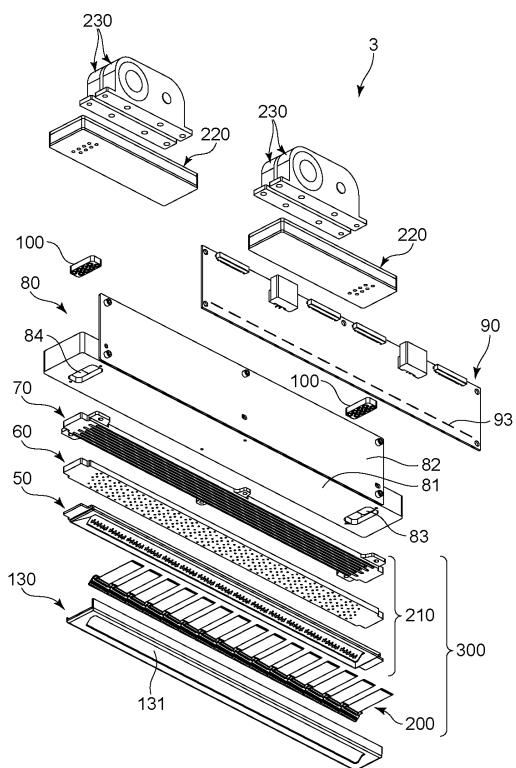


(a)



(b)

【図6】



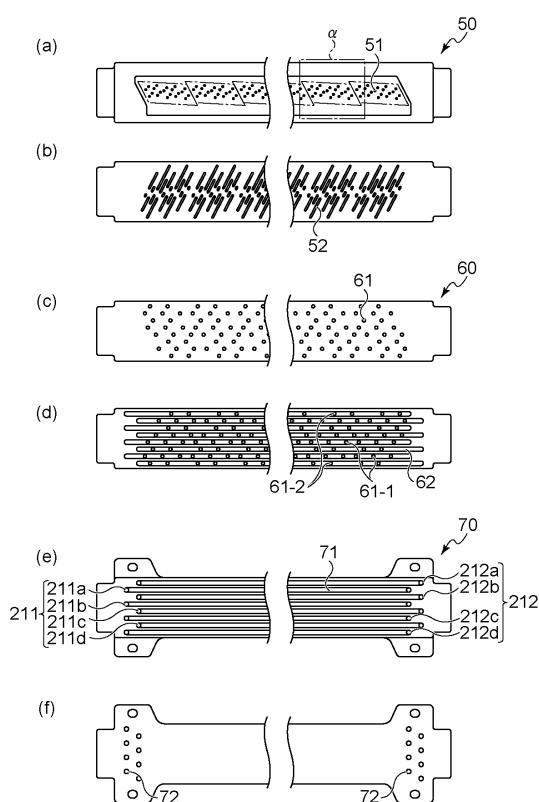
10

20

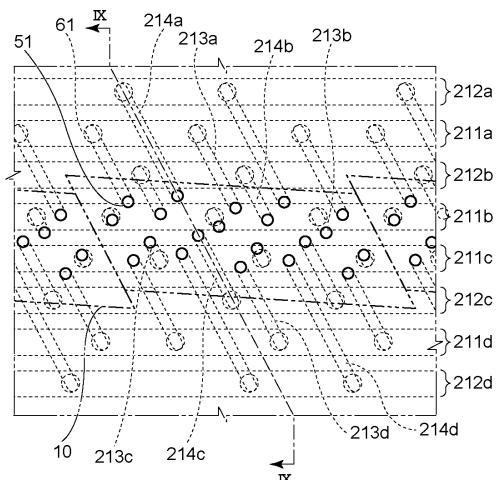
30

40

【図7】



【図8】

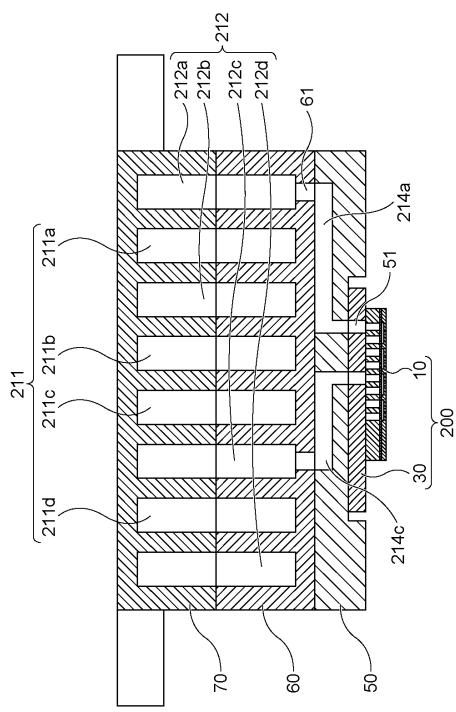


30

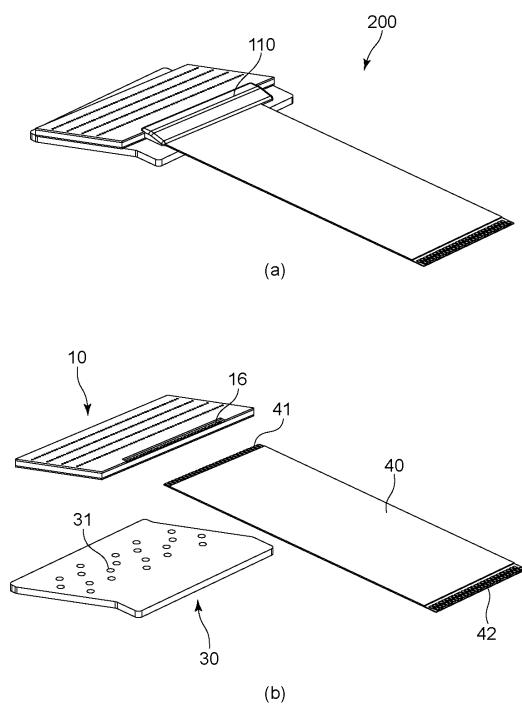
40

50

【図 9】



【図 10】



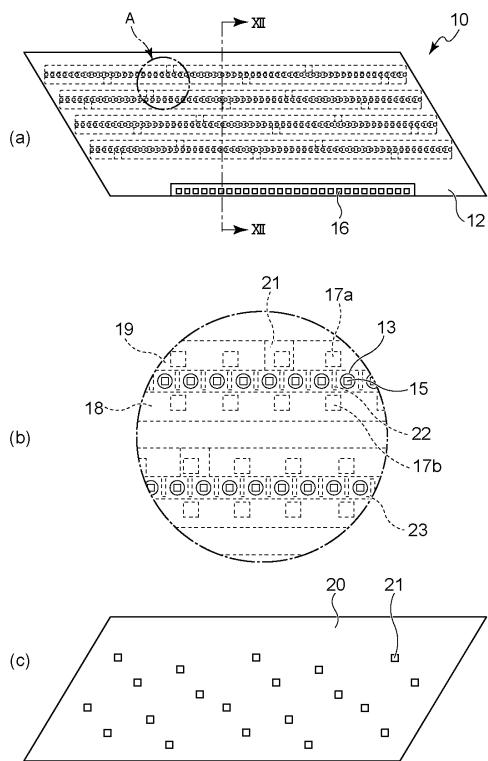
10

20

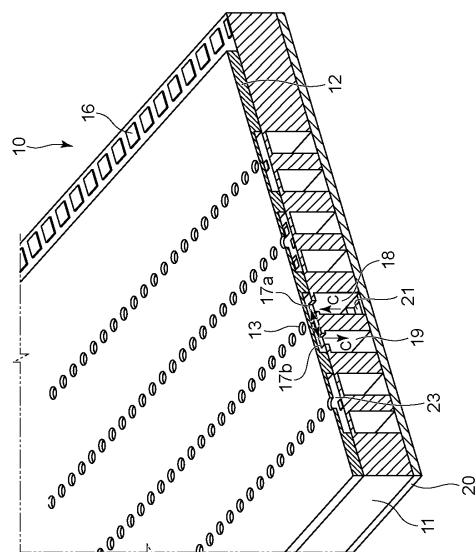
30

40

【図 11】

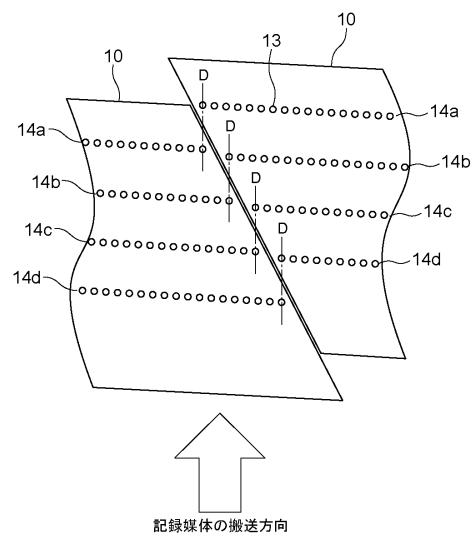


【図 12】

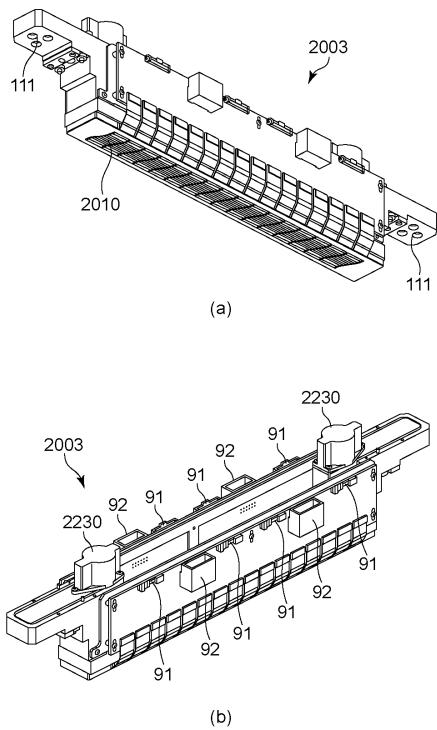


50

【図13】



【図14】



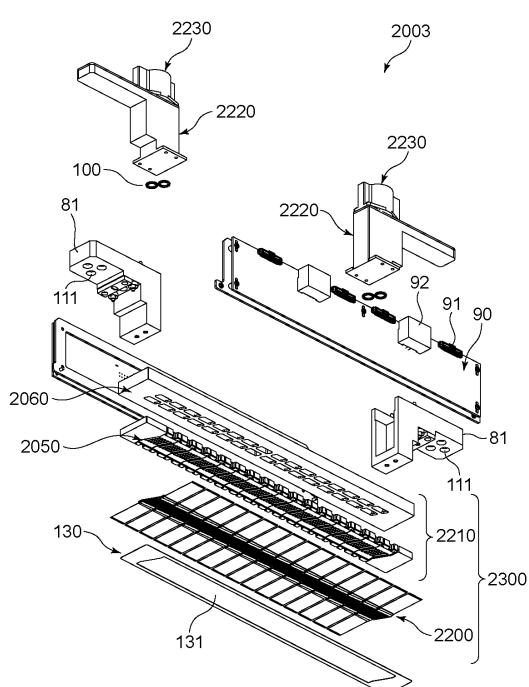
10

20

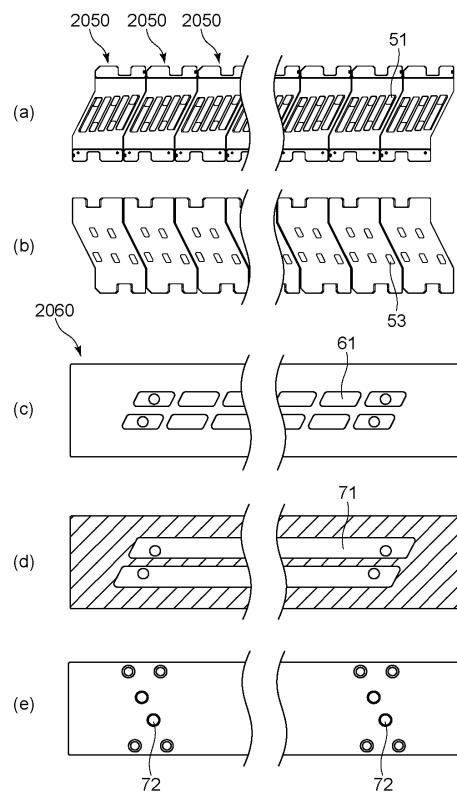
30

40

【図15】

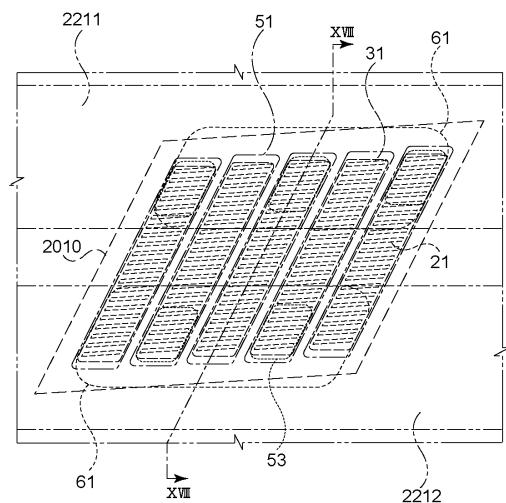


【図16】

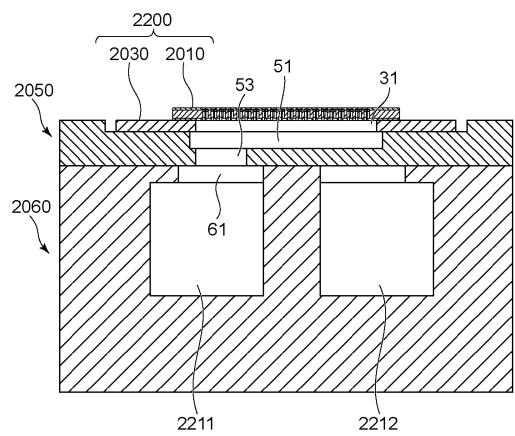


50

【図17】



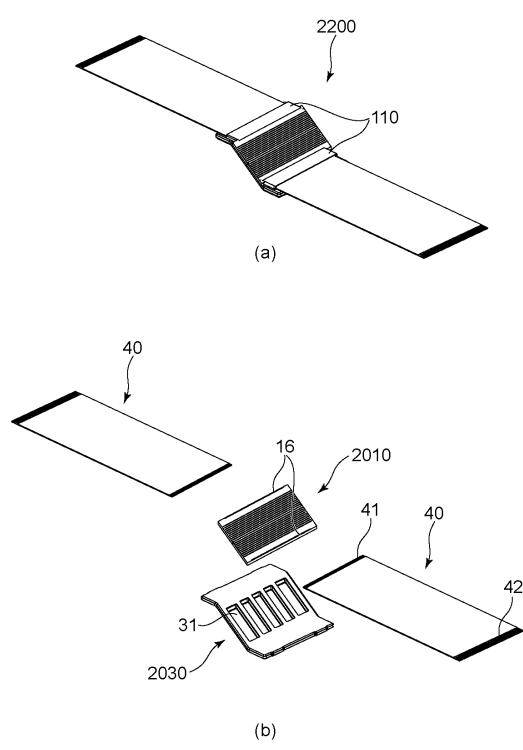
【図18】



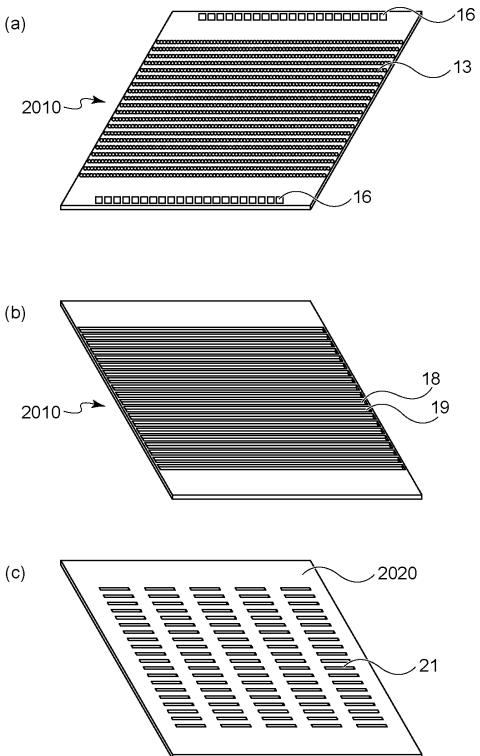
10

20

【図19】



【図20】

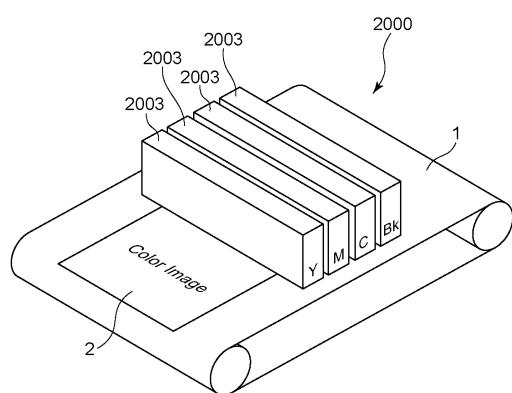


30

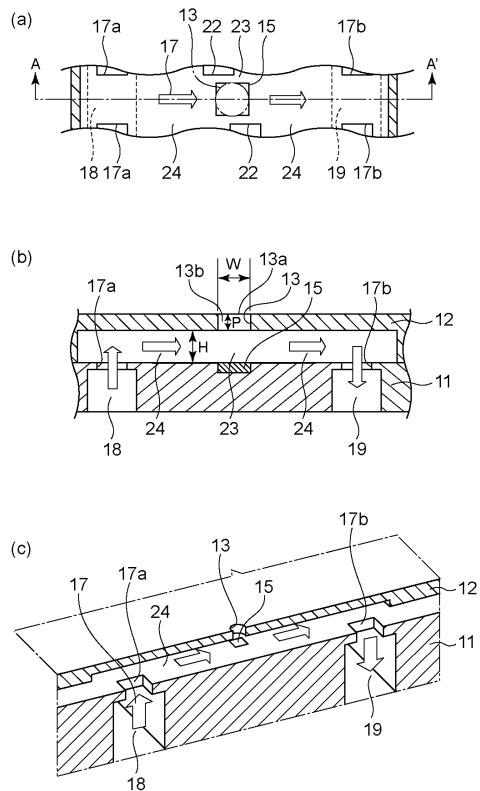
40

50

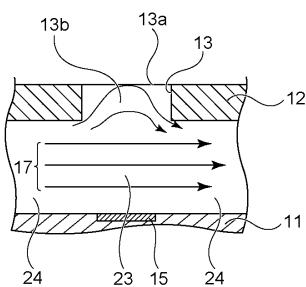
【図 2 1】



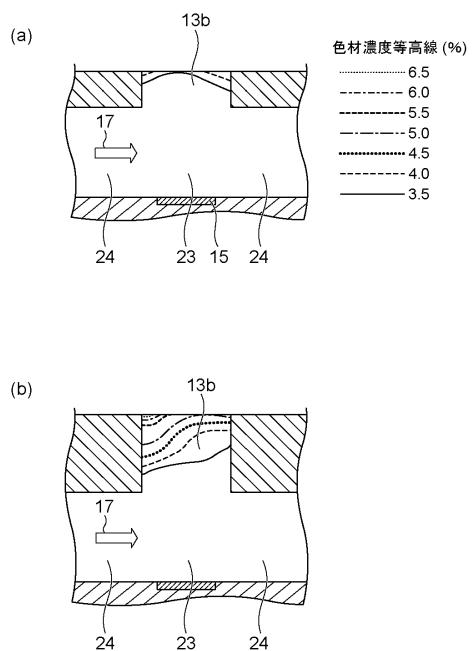
【図 2 2】



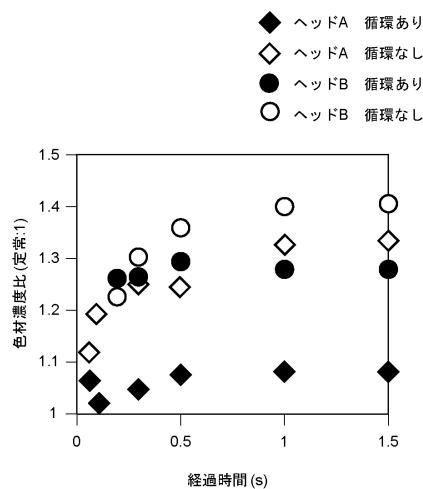
【図 2 3】



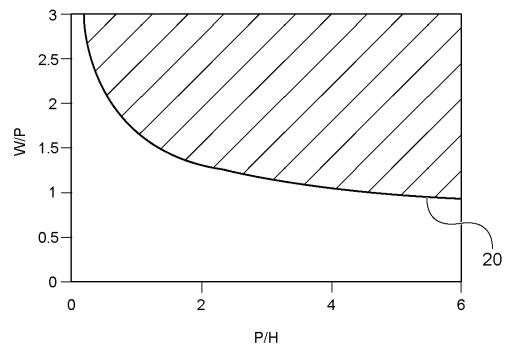
【図 2 4】



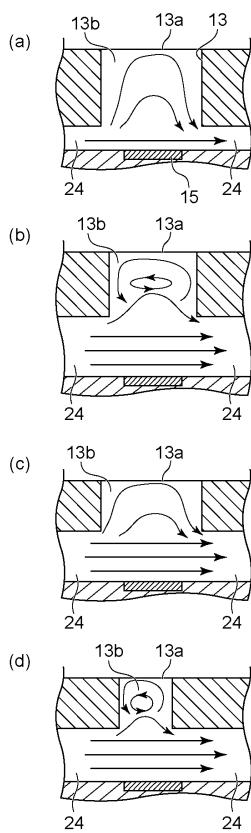
【図 2 5】



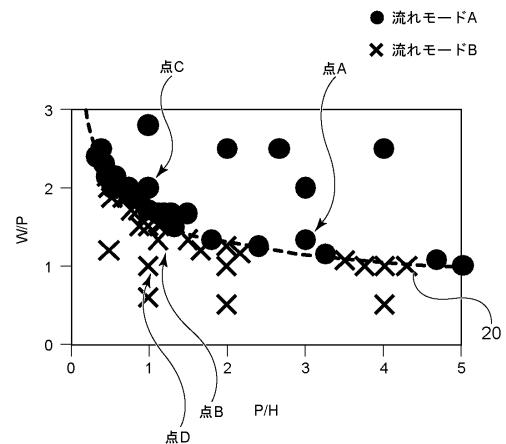
【図 2 6】



【図 2 7】



【図 2 8】



10

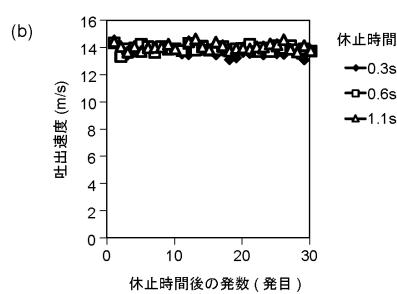
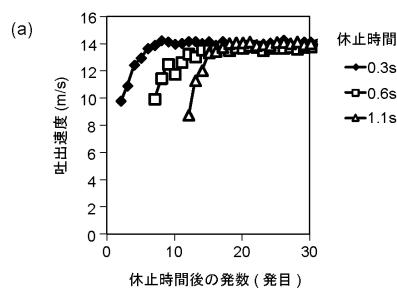
20

30

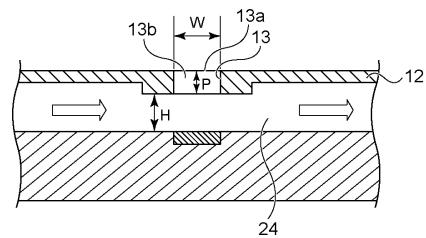
40

50

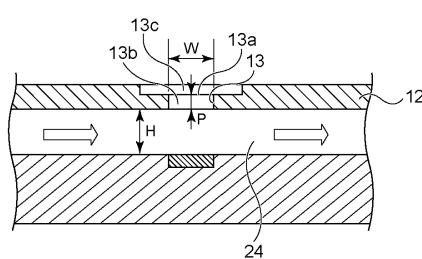
【図 2 9】



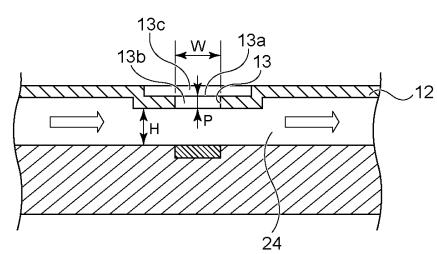
【図 3 0】



【図 3 1】



【図 3 2】



10

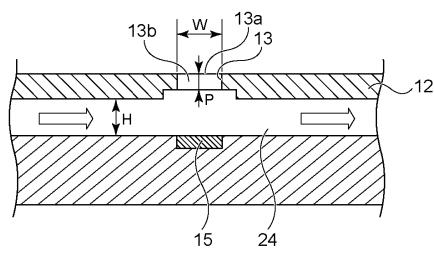
20

30

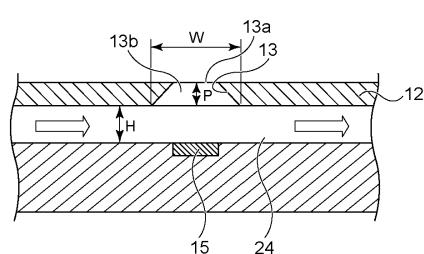
40

50

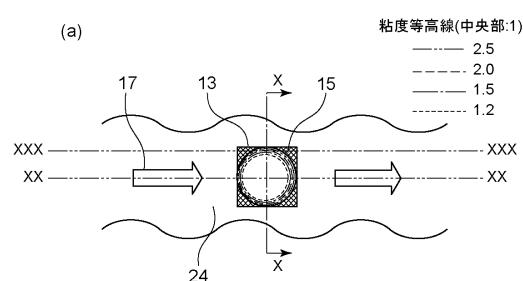
【図3-3】



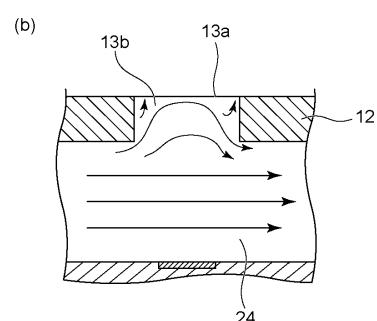
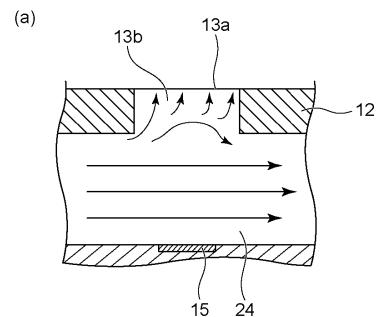
【図3-4】



【図3-5】



【図3-6】



10

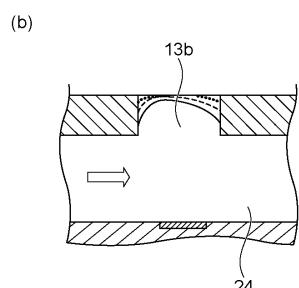
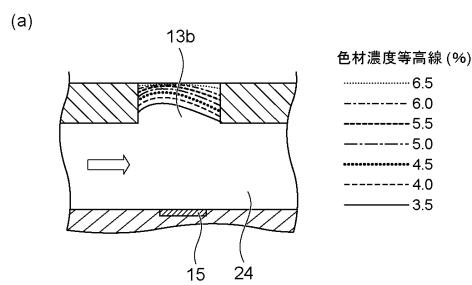
20

30

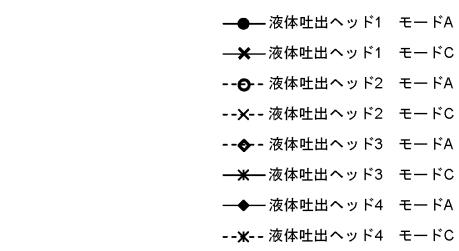
40

50

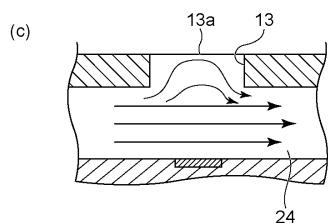
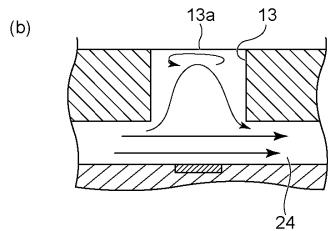
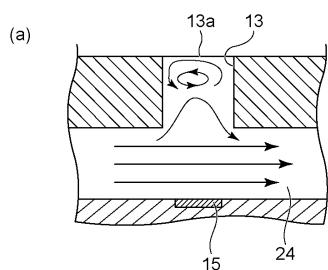
【図37】



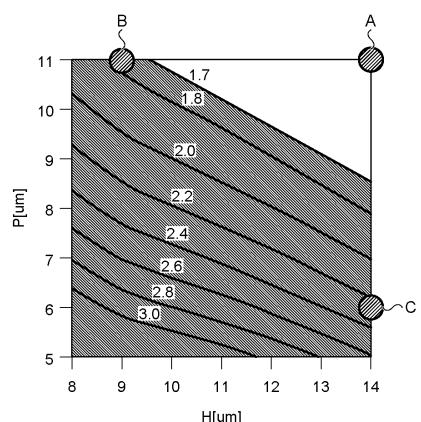
【図38】



【図39】



【図40】



10

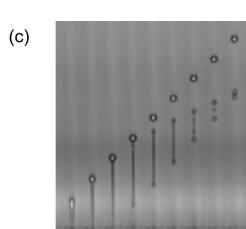
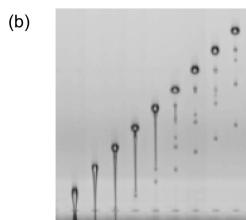
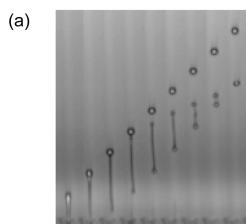
20

30

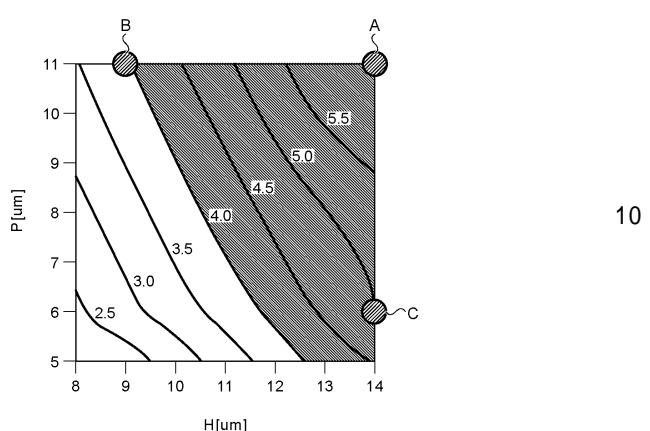
40

50

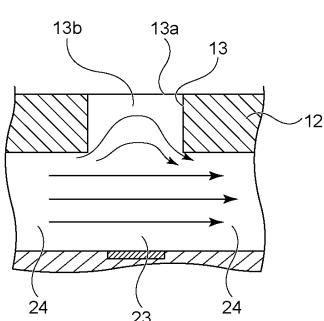
【図4 1】



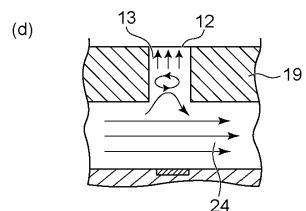
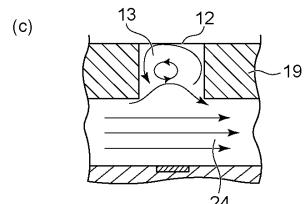
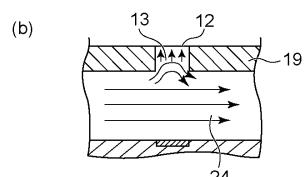
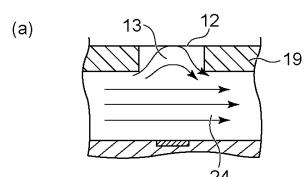
【図4 2】



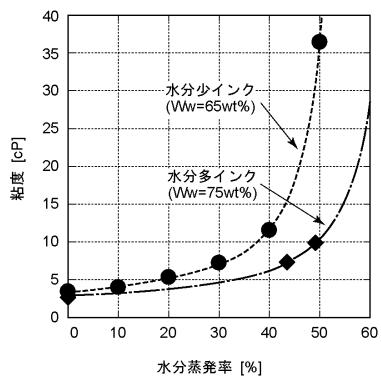
【図4 3】



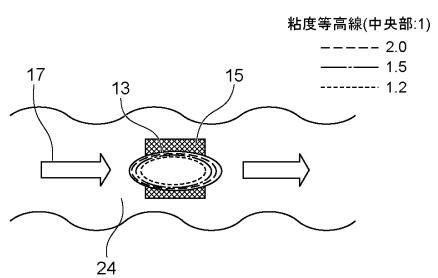
【図4 4】



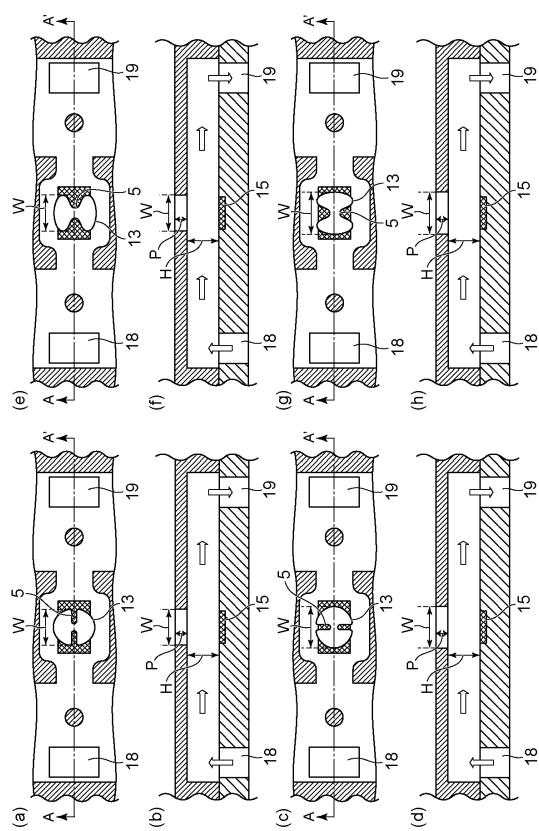
【図 4 5】



【図 4 6】



【図 4 7】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

ヤノン株式会社内

(72)発明者 尾崎 靖彦

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

(72)発明者 鍋島 直純

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

審査官 牧島 元

(56)参考文献 特開2017-124611(JP,A)

特開2017-124607(JP,A)

特開2009-287014(JP,A)

特開2017-144719(JP,A)

特開2002-355973(JP,A)

米国特許出願公開第2015/0239241(US,A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

B41J 2/01 - 2/215