

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5441898号  
(P5441898)

(45) 発行日 平成26年3月12日(2014.3.12)

(24) 登録日 平成25年12月27日(2013.12.27)

(51) Int.Cl.

F I

**B 0 5 C** 5/00 (2006.01)  
**B 4 1 J** 2/075 (2006.01)B 0 5 C 5/00 1 O 1  
B 4 1 J 3/04 1 O 4 A

請求項の数 3 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2010-514109 (P2010-514109)  
 (86) (22) 出願日 平成20年6月27日 (2008.6.27)  
 (65) 公表番号 特表2010-531729 (P2010-531729A)  
 (43) 公表日 平成22年9月30日 (2010.9.30)  
 (86) 国際出願番号 PCT/GB2008/002208  
 (87) 国際公開番号 W02009/004312  
 (87) 国際公開日 平成21年1月8日 (2009.1.8)  
 審査請求日 平成23年6月23日 (2011.6.23)  
 (31) 優先権主張番号 0712860.6  
 (32) 優先日 平成19年7月3日 (2007.7.3)  
 (33) 優先権主張国 英国 (GB)

(73) 特許権者 590000846  
 イーストマン コダック カンパニー  
 アメリカ合衆国 ニューヨーク州 ロチェ  
 スター ステート ストリート 343  
 (74) 代理人 100075258  
 弁理士 吉田 研二  
 (74) 代理人 100096976  
 弁理士 石田 純  
 (72) 発明者 クラーク アンドリュウ  
 イギリス ケンブリッジ ハスリングフィ  
 ールド バートン ロード 64

審査官 石川 太郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 小滴生成デバイス、小滴形成方法および連続インクジェット印刷装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

連続インクジェット印刷機の部品として使用するための小滴生成デバイスであって、  
 第2の流体によって取り囲まれる第1の流体ジェットの複合流れを供給するための1セ  
 ットの流路と、

内部において、前記第2の流体によって取り囲まれる前記第1の流体ジェットが前記第  
 2の流体によって取り囲まれる前記第1の流体の小滴に碎かれる膨張空洞と、

を備え、前記膨張空洞は、

当該膨張空洞に入るべく、前記第2の流体によって取り囲まれる前記第1の流体ジェッ  
 トの複合流れが通る入口オリフィスと、

流体のジェットとして前記膨張空洞を出ていく前記第2の流体によって取り囲まれる前  
 記第1の流体の小滴の複合流れが通るインクジェットデバイスのノズルを形成する出口オ  
 リフィスと、

を備え、

前記空洞の横断面面積が、前記入口オリフィスおよび出口オリフィスの両方の横断面面  
 積より大きく、

前記第1の流体の前記小滴が前記出口オリフィスを通過すると複合ジェットが複合小滴  
 になる、

ことを特徴とする、小滴生成デバイス。

【請求項 2】

10

20

高周波数および高速度で小滴を気体中に形成させる方法であって、

1 セットの流路内に第1の流体ジェットおよび第2の流体を供給するステップを含み、  
前記流体の界面が界面の張力または界面弾性によって特徴付けられ、

前記第2の流体が、前記第2の流体により取り囲まれる前記第1の流体のジェットの複  
合流れを形成するように前記第1の流体ジェットを取り囲み、

前記第2の流体によって取り囲まれる前記第1の流体ジェットの複合流れが、入口オリ  
フィスを通して膨張空洞に進入し、

前記第1の流体ジェットが、前記第2の流体によって取り囲まれた前記第1の流体の小  
滴の複合流れを形成するべく、前記膨張空洞内において碎けて、前記第2の流体内で小滴  
になり、

10

前記第2の流体によって取り囲まれた前記第1の流体の小滴の複合流れは、出口オリフ  
イスを通して前記膨張空洞から出ていき、

前記膨張空洞の横断面面積が、前記入口オリフィスおよび出口オリフィスの両方の横断  
面面積より大きく、

前記第2の流体によって取り囲まれた前記第1の流体の複合流れが、前記出口オリフィ  
スからの流出に際して複合ジェットを形成し、

前記第1の流体の前記小滴が前記出口オリフィスを通過すると前記複合ジェットが複合  
小滴になる、

ことを特徴とする、方法。

【請求項3】

20

請求項1に記載の1つ以上の小滴生成デバイスを備えることを特徴とする連続インクジ  
ェット印刷装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は連続インクジェットデバイスに関し、より詳しくは小滴生成に関する。

【背景技術】

【0002】

民生印刷機市場の成長につれて、インクジェット印刷は、画像に従って表面に少量の液  
体を供給するための広く適用可能な技術になってきている。ドロップオンデマンドデバイ  
スおよび連続ドロップデバイスが、考えられ構築されている。インクジェット印刷の主な  
開発は、溶媒ベースシステムのいくつかの用途を伴う水性ベースシステム向けであったが  
、基礎をなす技術はずっとより広く適用されている。

30

【0003】

小滴の流れを作り出すために、小滴生成器はプリントヘッドに連結されている。この小  
滴生成器は、プリントヘッド内にかつプリントヘッドのすぐ奥で、この分野で知られた様  
々な機構によって、流体の連続流れをノズルプレート上の近傍内の特定の断続化点 (break-  
off point) で一連の小滴に強制的に細分化させるような周波数で流体の流れを刺激する  
。最も簡単な場合、この刺激は、特定の流体に対して最適であると計算され、ノズルオリ  
フィスから吐出する流体ジェットの特有のドロップ間隔に合致する一定周波数で実施され  
る。次々に形成される小滴間の距離  $S$  は、関係式  $U_{drop} = f \cdot S$  によって、小滴速  
度  $U_{drop}$ 、および刺激周波数  $f$  に関連付けられる。小滴速度は、ジェット速度  $U_{jet}$   
に

40

【数1】

$$U_{drop} = U_{jet} - \frac{\sigma}{\rho U_{jet} R}$$

を介して関係付けられ、上式で  $\sigma$  は表面張力 (N/m)、 $\rho$  は液体密度 (kg/m<sup>3</sup>)、  
そして  $R$  はジェットの落ち着いた半径 (m) である。

50

## 【 0 0 0 4 】

米国特許第 3 , 5 9 6 , 2 7 5 号は、連続インクジェット記録計用の一定の速度および質量を有する小滴の 3 つの型式の一定周波数生成を開示する。この第 1 の技術は、ノズルそれ自体を振動させることを含む。第 2 の技術は、ノズルを搬送する空洞内に通常配置される圧電振動子を使用してノズル内の流体に圧力振動を加える。第 3 の技術は、電気流体力学 ( E H D ) 小滴刺激電極で電気流体力学的に流体ジェットを刺激することを含む。

## 【 0 0 0 5 】

さらに、高品質印刷動作に使用される連続インクジェットシステムは、通常、極めて均一な製造公差を伴う小さな、接近して間隔をあけて配置されるノズルを要する。流体が圧力下でこれらのノズルを通して押し出されると、通常、サイズで数ピコリットル程度の、1 秒当り 1 0 から 5 0 メートルの速度で移動する小さな小滴が吐出される。これらの小滴は、数 1 0 から数 1 0 0 キロヘルツの範囲の割合で生成される。極めて一定した幾何学的形状および配置を有する小さな、接近して間隔をあけて配置されるノズルは、半導体産業に存在するものなどのマイクロマシン技術を使用して構築することができる。通常、これらの技術によって製造されるノズル流路プレートは、シリコン、およびマイクロマシン製造 ( M E M S ) で一般的に使用される他の材料などの材料によって製造される。電気伝導度を含む異なる機能特性を有する材料の多層の組合せを使用することができる。マイクロマシン技術は、エッチングを含むことができる。したがって、ノズルを製作するためにノズルプレート基板内に貫通穴をエッチングすることができる。これらのエッチング技術には、湿式化学エッチング、不活性プラズマエッチングまたは化学的反応性プラズマエッチング方法を含むことができる。ノズル流路プレートを生じさせるために使用されるマイクロマシン方法は、プリントヘッド内の他の構造体を生じさせるためにも使用することができる。これらの他の構造体には、インク供給流路およびインク貯蔵部を含むことができる。したがって、ノズル流路のアレーは、それ自体基板のもう 1 つの側からエッチングによって形成される大きな凹部または貯蔵部内に、基板の表面を貫通してエッチングすることによって形成することができる。

## 【 0 0 0 6 】

インクジェット印刷の多くの知られた実施例が存在する。米国特許第 5 8 0 1 7 3 4 号は連続インクジェット印刷の方法を開示する。米国特許第 3 5 9 6 2 7 5 号は、液体のジェットを刺激する方法を開示する。米国特許出願公開第 2 0 0 6 / 0 0 9 2 2 3 0 号は、連続インクジェットデバイスに使用するために絶縁インク液体を充填する方法を開示する。米国特許第 7 1 9 2 1 2 0 号は、新規なドロップオンデマンドインクジェットデバイスを開示する多数の特許の代表的なものである。

## 【 先行技術文献 】

## 【 特許文献 】

## 【 0 0 0 7 】

【 特許文献 1 】 米国特許第 3 5 9 6 2 7 5 号

【 特許文献 2 】 米国特許第 5 8 0 1 7 3 4 号

【 特許文献 3 】 米国特許出願公開第 2 0 0 6 / 0 0 9 2 2 3 0 号

【 特許文献 4 】 米国特許第 7 1 9 2 1 2 0 号

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 0 8 】

従来型の連続インクジェットデバイスはドリル穴あけされたノズルプレートを使用する。インクまたはより一般的に液体は、圧力下でこのプレートに加えられ、高速度で吐出するインクまたは液体のジェットを生じさせる。そのような液体のジェットは本質的に不安定であり、一連の小滴を形成するように細分化するであろう。この方法は、レーリー - プラトー ( Rayleigh-Plateau ) 不安定度として知られている。この細分化の物理的過程は、適度に明確な周波数および小滴サイズに繋がるが、印刷のために役立つようにするために、この細分化が一定の周波数および小滴サイズを与えるように制御されるように、動揺が

与えられなければならない。さらに、ジェットが小滴を形成するように碎けるノズルプレートからの距離が、従来技術では小滴が形成されるときこれらの小滴に荷電するためにこの点に電極が必要なので重要である。ジェットに対するこの電極の配置も重要であり、したがって重要なエンジニアリング問題に繋がる。必要なこの動揺は、通常共鳴点で、またおそらく共鳴点での音響空洞を用いて、ノズルプレートまたは流体流れ経路の他の要素を圧電システムで振動させることによって達成される。この振動は、小滴細分化を開始させ、それによって、それを用いて印刷するための一定サイズの小滴の規則正しい供給をもたらす高エネルギーの圧力動揺を与える。

【0009】

高周波数で圧電システムを使用する必要性は、小滴細分化方法の態様と共に、インク、または液体の特性に厳しい制約を課す。したがってこのインクは最も一般に、水の粘度に近い粘度を有する。これは、この方法に許されるインク成分に対する厳しい制約を意味する。さらに、圧電システムの使用は、標準のMEMS製作方法で達成するのは基本的に困難である。したがって、より小さな、より接近して間隔をあけて配置されるノズルを提供することによって、解像度を顕著に高める可能性はほとんど存在しない。

【0010】

一般にインクジェット印刷の、特に連続インクジェット印刷の別の問題点は、多くのインク調合物と共に印刷される水または溶媒の量である。これは、インク粘度がこの方法に適切であることを確実にするためにしばしば必要である。しかしながら次に、作り出されたパターンを乱さずに印刷された表面上のインクを乾燥させる別の必要性も存在する。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明は、当初の動揺が主として流体の流れによって供給される、連続インクジェットデバイスに使用するための小滴生成器を提供することを目的とする。

【0012】

本発明によれば、第2の流体によって取り囲まれる第1の流体の複合流れを供給するための1セットの流路と、入口オリフィスおよび出口オリフィスを有する膨張空洞とを備える連続インクジェット印刷機の部品として使用するための小滴生成デバイスが提供され、この空洞の横断面積は、複合流れが空洞内で第2の流体内の第1の流体の小滴を形成するために細分化するようにいずれのオリフィスの横断面積よりも大きく、この出口オリフィスはインクジェットデバイスのノズルも形成し、第1の流体の小滴がこの出口オリフィスを通過するとこの複合ジェットが複合小滴になる。

【発明の効果】

【0013】

本発明によって、振動エネルギーの入力なしで、したがって圧電デバイスの使用なしで、高エネルギージェットの細分化が可能になる。したがって、この小滴生成デバイスはMEMS製作方法を介して全面的に作ることができ、それによって従来可能であったよりも高いノズル密度が可能になる。さらに、そのような製作技術によって、小滴生成器の荷電装置との一体化が可能になり、それによってこの2つのサブシステムの重大な位置合わせ問題を緩和させることができる。

【0014】

このデバイスの少なくとも1つの実施形態は、より低品質の液体での印刷を可能にし、それによって基板上に印刷されたインクの乾燥に関連する問題点が軽減される。

【0015】

次に本発明を添付の図面を参照して説明する。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明による小滴生成器デバイスの概略線図である。

【図2】ノズルを出るときのジェットを示す写真のコピーである。

【図3】本デバイスの共鳴挙動を評価するグラフである。

【図 4】本発明を実施するように示されたデバイスの概略線図である。

【図 5】本発明による生成器デバイスの概略線図である。

【図 6】本発明による生成器を含む印刷システムの概略図である。

【図 7】特定の位相関係を与えるための加熱器を有する例示的なデバイスの図である。

【図 8 a】加熱器動揺作用による内部ドロップ形成の写真のコピーである。

【図 8 b】図 8 a 内などの 1 セットの写真から編集された画像である。

【図 9】外部断続化長さの目安を示す図である。

【図 10】内部ドロップサイズの間数としての外部断続化長さのデータを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

マイクロ流体デバイス内で不混和性の第 2 の流体内に第 1 の流体の流体ジェットを形成させる能力はこの分野で知られている。しかしながら、これらのデバイスに対する一般的な動作モードは、第 1 の流体の単分散のドロップが直接形成される「幾何学的形状制御 (geometry controlled)」または「ドリッピング (dripping)」モードのいずれかである。これらのモードは、S. L. アンナ、H. C. メイヤー、Phys. Fluids 18、121512 (2006) に説明されている。しかしながら、流体流れ速度が増加するとき、この第 1 の流体は「幾何学的形状制御」または「ドリッピング」モードの原因となるオリフィスを通り、これを超えた領域内にジェットを形成することも良く理解されている。次いでこのジェットは、界面または表面張力によって主として制御される小滴に細分化される。このジェット細分化モードは、レーリー - プラトー不安定度と名づけられ、第 1 の流体の多分散小滴を生じさせる。第 1 の流体がガス状である場合は、勿論この第 1 の流体の小滴は泡になる。

【0018】

ジェットが形成された後で、ジェットから形成される第 1 の流体の小滴が出口オリフィスを通り、それらが空洞内の流れを動揺させるように流路の膨張、空洞、および出口オリフィスを設けることによって、流路内での不混和性の第 2 の流体内の第 1 の流体のジェットの細分化を規則正しくすることができることは、驚くべきかつ今まで知られていなかった事実である。顕著な流れの動揺を実現するために、この小滴の横断面面積は、流れ方向に対して直角な出口オリフィス横断面面積のかなりの割合にすべきである。好ましくは、この小滴横断面面積は、流れ方向に対して直角な出口オリフィス横断面面積の約 3 分の 1 より大きくすべきである。流れ動揺は、入口オリフィス、すなわち流路が最初に膨張するところまで戻って行われ、その結果ジェットが空洞に入るときこのジェットを動揺させる。このジェットは本質的に不安定であるので、これは引き続きこのジェットを、ジェットによって伝達されるのと同じかく乱と釣合った位置で砕くことになる。次いでそのように形成された小滴は、出口オリフィスのところで空洞を出るとき流れ動揺を与える。したがってジェットの本質的な細分化の強化がもたらされるであろう。この強化が起きる周波数は、空洞内のジェット速度を介して、特定の波長に対応するであろう。この流れフィードバックプロセスは、当初の動揺が第 1 の流体の小滴の流出に対して一定の位相関係を有さなければならず、したがってこの空洞は、所定のセットの流れ条件に対して確実に一定の周波数が選ばれるであろうことを意味する。選ばれる周波数、すなわち Hz を単位とする  $f$  は、ほぼ

【数 2】

$$f = (n + \beta) \frac{U_j}{L}$$

になるであろう。上式で  $U_j$  は第 1 の流体のジェットの速度 (m/s)、 $L$  は空洞の長さ (m)、 $n$  は整数、かつ  $\beta$  は端部効果を考慮に入れた 0 と 1 の間の数である。これは、レーザー空洞内の周波数選択と極めて類似している。

【0019】

この波長は第1の流体のジェットの直径に依存するであろうことは理解されるであろう。さらに細分化が観察される前に必要なジェットの長さは、第1の流体と第2の流体の間の界面張力、第1の流体および第2の流体の粘度、および流れの速度に依存することが理解されるであろう。したがって、この細分化長さ、したがって空洞の長さは、より高い界面張力、第1の流体のより低い粘度またはより遅い流れ速度を使用することによって短くなる。流れに対して直角な空洞の寸法を増加させることによって、流出速度を変更せずに空洞内の流れ速度を変更することがさらに可能である。

【0020】

図1は、本発明による小滴生成器デバイスの概略線図である。

【0021】

直交流集束デバイス1が膨張空洞3の上流に配置される。この膨張空洞3は、入口オリフィス2および出口オリフィス4が設けられている。ノズル5が、出口オリフィス4を越えてすぐに配置される。

【0022】

この直交流集束デバイス1は、同軸流(co-flowing)液体ジェットを作り出すための標準のデバイスである。

【0023】

図1では、第2の流体12に取り囲まれる第1の流体のジェット、11は、第2の流体がジェットの周りの体積を充填するように、入口オリフィス2を介して広い流路または空洞3内に移動して入る。この空洞3は出口オリフィス4を有する。

空気内のジェットの一次方程式；

【数3】

$$L_B = \frac{1}{U\alpha} \ln\left(\frac{R}{\xi_i}\right)$$

を考えることは有用である。上式で $L_B$ は空洞への入口から測定される第1の流体のジェットの断続化長さ(m)であり、 $U$ は流体速度(m/s)であり、 $R$ はジェット半径(m)であり、 $\alpha$ は問題の周波数(例えばレーリー周波数 $f_R \sim U/(9.02R)$ [ $f_R$ はHz])に対する成長速度( $s^{-1}$ )であり、かつ $\xi_i$ は最初の動揺のサイズ(m)である。この成長速度は、以下の式

【数4】

$$\alpha^2 + \frac{3\eta(kR)^2}{\rho R^2} \alpha - \frac{\sigma}{2\rho R^3} (1 - (kR)^2)(kR)^2 = 0$$

から求めることができ、上式で $\eta$ は第1の流体の粘度(Pa·s)、 $\sigma$ は界面張力(N/m)かつ $k$ は波数ベクトル( $m^{-1}$ )( $k = 2\pi f/U$ )である。したがって、断続化長さ $L_B$ は、予測し空洞長さ $L$ と比較することができる。流れ速度、表面張力および空洞長さは、第1の流体のジェット11が空洞内で砕けるように互いに調整すべきである。好ましい実施形態では $1/3 L < L_B < L$ である。

【0024】

したがって図1に示すようなデバイスは特定の周波数にロックされ、連続インクジェット印刷デバイス用の適切な小滴生成器を形成する。

【0025】

図2は、デバイスの外のジェットの細分化を示す写真のコピーである。細分化に必要な長さは、実質的に同じ速度で出るが空洞内での第1の流体の規則正しい細分化がない同じ構成のジェットに対するものより相当に短いことに留意されたい。

【0026】

図3は、このデバイスの共鳴挙動の推定値を示すグラフである。ジェット細分化の線形

10

20

30

40

50

近似では、通常最初の動揺が上式で使用される成長速度とともに指数関数的に増加するであろうことが仮定される。したがって、最初の動揺は  $\exp(\dots)$  として成長し、その正規化された値  $K_0$  は、レーリー周波数（無次元波数ベクトル  $k R_m$ ）のところでの同じサイズの動揺の成長速度と比較した特定の周波数（すなわち無次元波数ベクトル  $k R$ ）のところでの動揺の成長を表現し、

$$\begin{aligned} &= \dots \times p(\dots t), \quad \dots_0 = \dots \times p(\dots_0 t) \\ &= \dots(k R), \quad \dots_0 = \dots(k R_m) \end{aligned}$$

【数 5】

$$K_0 = \frac{\xi}{\xi_0} = \exp((\alpha - \alpha_0) \tau_B) \quad 10$$

であり、

上式で  $\dots_0$  はレーリー波長（ $k R_m$ ）のところでの成長係数（ $1/s$ ）、 $\dots_B$  はレーリー周波数のところで第 1 の流体のジェットが（複数の）小滴に細分化するための時間である。

【数 6】

$$t_B = \frac{1}{\alpha_0} \ln \left( \frac{R_0}{\xi_l} \right) \quad 20$$

上式で  $R_0$  はジェット半径である。その結果、第 1 の流体に対する最初の動揺  $P_{i0}$  が成長し小滴を形成し、それが次いでデバイスを出て小滴サイズに比例する流れ動揺  $P_{o0}$  を作り出す。

【数 7】

$$P_{o0} = P_{i0} \left( \frac{k R_m}{k R} \right)^{1/3} K_0$$

この動揺のある割合  $K_f$  は、空洞内で入力動揺まで戻して供給され、それらの合計は、流れ動揺を生じさせる。したがって、合計される入力動揺  $P_i$  は、30

【数 8】

$$P_i = \left( P_{i0} + \sin(\phi) K_f P_{o0} \right) \left( \frac{k R_m}{k R} \right)^{1/3} K_0$$

になり、上式で  $\dots$  は入力（ $= k L$ 、 $L$  は有効空洞長）まで戻って供給されると思われる出力動揺の相対的な位相である。したがってこの連鎖は、下式のように、レーリー周波数のところでの自由レーリージェットのゲインに対するこのシステムの総合的なゲインを与える無限和に繋がる。40

【数 9】

$$\text{ゲイン} = \frac{\left( \frac{k R_m}{k R} \right)^{1/3} K_0}{1 - K_f \sin(\phi) \left( \frac{k R_m}{k R} \right)^{1/3} K_0}$$

図 3 に、以下のパラメータ値： $L = 500 \mu\text{m}$ 、 $R_0 = 4.4 \mu\text{m}$ 、 $K_j = 0.97$ 、 $\dots = 50 \text{ mN/m}$ 、 $\dots = 0.973 \text{ kg/m}^3$ 、 $\dots = 0.9 \text{ mPa} \cdot \text{s}$  に対する無次元波数ベクトル  $k R$  に対してゲインがプロットされている。空気内の自由レーリージェットのゲ50

インもプロットされている。非圧縮性流体および硬質壁が与えられている場合は、出口の  
ところの流れ動揺は入力のところの流れ動揺と基本的に等しくなり、したがって、 $K_f$ が  
1に近くなることを期待するはずである。出口のところで作り出される動揺 $P_o$ は、デバ  
イスの外でジェットをさらに動揺させ、それを極めて規則正しい方式で細分化させること  
になることを理解されたい。すなわち、共鳴空洞は外部ジェットの高いエネルギー動揺を  
駆動し、迅速なかつ規則正しい細分化を生じさせる。

【0027】

図4は、本発明を実施するように示されるデバイスの概略図である。

【0028】

このデバイスは、中央アーム13と上側および下側アーム14を備える。上側および下  
側アームは、接合部15とところで中央アームと合致する。これは、標準的な直交流デバ  
イスである。膨張空洞16が接合部15のすぐ下流に配置される。この空洞は入口ノズル  
17および出口ノズル18を有する。したがってこの直交流デバイスは空洞16を介して  
出口ノズル18に連結される。この空洞は、入口または出口ノズルより大きな横断面面積  
を有する。このデバイスは、ガラスで製作された。限定ではなく、1つ以上のMEMS加  
工ステップで使用するのに適したセラミック、シリコン、酸化物、窒化物、炭化物、合金  
または任意の材料または材料のセットなどの硬質材料を含む任意の適切な材料をこのデバ  
イスを製作するのに使用できることは、当業者によって理解されるであろう。

【0029】

この流れ集束デバイスは、100mL中に288mgのSDSを含有する脱イオン水が  
同じ圧力で上側および下側アーム14の両方に供給された。油（デカン）が中央アーム1  
3内に供給され、パイプの広くされた区域、すなわち空洞16内に規則正しい小滴に砕け  
た細い糸を形成した。この油の小滴が出口オリフィス18を横切るとき、それらは油のド  
ロップが各水のドロップ内に封入されたような複合ジェットの形成の細分化を開始した。  
さらにこの複合ジェット細分化は、規則正しい油ドロップが形成されているとき出口オリ  
フィスにより著しく近くで起きるのが観察された。

【0030】

別の実験で、この流れ集束デバイスは、中央アーム13に空気が、上側および下側ア  
ーム14内に脱イオン水が供給された。この場合は、空気の糸は空洞内で空気の長い糸を形  
成せずに規則正しく砕けて泡になった。それにもかかわらず泡のこの規則正しい流れは、  
出口オリフィスのところで複合ジェットに十分な動揺を供給し、複合ジェットは極めて短  
い距離のところ複合小滴の規則正しい流れになった。この複合小滴がより少ない液体し  
か含有せず、したがって所定の小滴サイズに対して乾燥要件を緩和させることは理解され  
るであろう。

【0031】

図5は、本発明による生成器デバイスの概略線図である。この実施形態は、細分化点の  
ところで小滴が形成されるとき小滴に荷電するために設けられる電極5も含む。この電極  
は、ノズルと位置合わせされる別個のデバイスであることができ、あるいは好ましい実施  
形態では、例えばMEMS技術を使用して小滴生成器デバイスの部品として形成すること  
ができる。さらに、加熱器9および10が入口および出口オリフィスのところにそれぞれ  
設けられる。これらによって、例えば、引き続く荷電および/または偏向を同期して与え  
ることができるように、ドロップ生成の位相を固定するのが可能になる。本発明によるこ  
のデバイスは自由に振動し、したがって複数ノズル印刷機では、例え同じ周波数であって  
も、各ノズルはランダム位相になるであろう。ドロップの時間が知られ、したがって基板  
上に所望どおりに配置することができるのを確実にするために、各ノズルの位相は好まし  
く設定されるべきである。次いで例えば、偏向板に加えられる電圧を所望の小滴を偏向さ  
せるように調節することができる。別法として、やはり引き続く荷電および/または偏向  
が同期して与えられるのを可能にするセンサを、出口オリフィス上に設けることができ  
る。さらに、直接的にまたは第2の流体を介してのいずれかで第1の流体に掛けられた動揺  
は、十分に大きい場合は、第1の流体のジェットのこの掛けられた動揺の周波数で砕くこ

10

20

30

40

50



とになる。勿論、前に述べた条件

【数 10】

$$f = (n + \beta) \frac{U_L}{L}$$

は、特定の周波数がより容易に発生するのを可能にするであろう。

【0032】

図6は、本発明による小滴生成器デバイスを含む印刷システムの概略図である。

【0033】

この実施形態では、小滴生成器はMEMS製作される電極5を含む。吐出される小滴は、それぞれこの電極によって荷電される。小滴の流れは、引き続き静電偏向電極6を通し、これらの小滴は選択的に偏向される。偏向電極6は、小滴のうちのいくらかをそれらが上に印刷されるべき基板7に到達するようにし、残りは捕獲デバイス13によって捕らえられインク供給部に再循環されるようにする。

【0034】

図7は、図1に関連して説明したように流れ集束デバイスを空洞デバイスに繋げ、かつ液体の流れを動揺させる手段を含むデバイスの概略線図を示す。プラチナの20nmフィルムおよびチタンの10nmのフィルムが、チタンのフィルムがガラス表面に隣り合っており、各入口狭窄部および出口狭窄部の上にジグザグの抵抗加熱器パターンを形成するように、ガラス毛细管の1つの面上に蒸着された。このジグザグパターンは、加熱器用にほぼ350オームの抵抗を与えるような全体長さの2ミクロン幅の抵抗路であった。この全体幅は流れとの相互作用の最も高い、考え得る周波数が可能になるように最小限に維持された。この幅は、ほぼ18ミクロンであった。各加熱器30は独立に通電することができた。各加熱器は所望の効果を有していたが、空洞入口狭窄部(図1の2)上の加熱器が最も効果的であり、したがって図8および9に示すデータを集めるために使用された。

【0035】

ストロボ照明と同調してこの加熱器をパルス駆動することによって、内部ドロップ細分化を位相ロックすることが可能になった。この画像は、25Hzで作動する標準のフレーム転送ビデオカメラを使用して取得され、一方小滴形成はおおよそ25kHzのところにある。高輝度LEDが光源として使用され、各小滴に対して1回フラッシュされる。したがって各ビデオフレームは、約1000の写真の多重露出である。これらの小滴が光フラッシュと同期する場合は単一の明瞭な画像が得られ、そうでない場合は、この多重露出ははっきり識別できる小滴が全く見えないぼやけた画像に繋がる。次いでこの細分化現象は、加熱器パルス周波数の関数として調査することができた。図8aは、加熱器パルスと位相ロックされたストロボ照明による内部小滴細分化の画像を示す。この周波数は24.715kHzであり、油(ドロップ)はデカンであり、外部液体は水であった。デカンは283.4kPa(41.1psi)で、水は450.3kPa(65.3psi)で供給された。次いでこの周波数は、24.2kHzから25.2kHzまで5Hzステップで変更された。得られた各画像に対して、ドロップを通るピクセルの中央線が抽出され、新たな画像内にピクセルの列を形成するために使用された。この新たな画像は図8bに示され、ここでy軸は流路中央に沿った距離であり、x軸は周波数に対応する。図8bの画像の中央区画は、ストロボLEDと同調した小滴の存在を示し、一方左および右の区画は小滴を全く示さない、すなわちぼやけた多重露出を示す。したがって、周波数の狭い幅の外側では、加熱器パルスは小滴形成を位相ロックすることができなかった。これが共鳴ドロップ形成の直接的な形跡である。

【0036】

例示的なデータの別のセットは、共鳴挙動の内部ドロップサイズへの依存を明示する。各内部ドロップが出口オリフィスを通過するとき、それは流れを動揺させ共鳴に繋がる圧力パルスを作り出す。出口オリフィスがジェットも形成する場合は、この圧力パルスもジ

10

20

30

40

50

ェットを動揺させ、それによってジェットが早い時期に碎ける。したがって、外部ジェット断続化長さは、圧力動揺の強度の良好な尺度になる。この外部断続化長さの尺度を図9に図示する。油および水供給圧力の比率は、全体の流れ速度をほぼ一定に維持しながら変更された。したがって、内部ドロップの直径が変更された。この内部ドロップの直径は、断続化長さと共に光学的に測定された。外部断続化長さは、図10にドロップの内部ドロップ直径の関数としてプロットされている。ドロップは流路高さより大きな直径を有するのでそれらは平らにされており、したがって測定された内部ドロップ直径はほぼ内部ドロップ横断面面積に比例していることに留意されたい。図10は、出口オリフィス横断面面積の約1/3より大きな内部ドロップ横断面に対して強い共鳴挙動が起きていることを明瞭に示している。

10

#### 【0037】

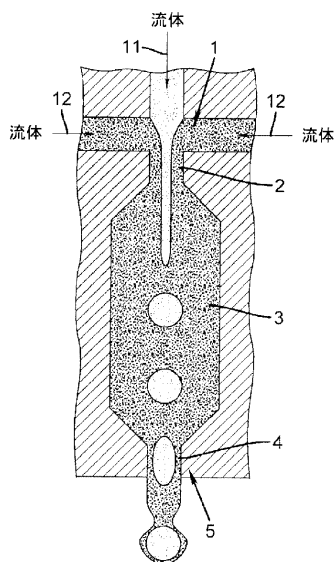
本発明を油または空気と水性組成物の複合ジェットを参照して説明してきた。当業者は、本発明がそのような流体に限定されないことを理解するであろう。本発明は特に、インクとして設計され、例えば界面活性剤または分散剤などの表面活性化材料等、ポリマー、モノマー、反応種、ラテックス、粒子状物質を含有する液体に適用可能である。さらに、第1の流体はガス状組成物であることができる。これは網羅的なリストとして取られるべきではない。

#### 【0038】

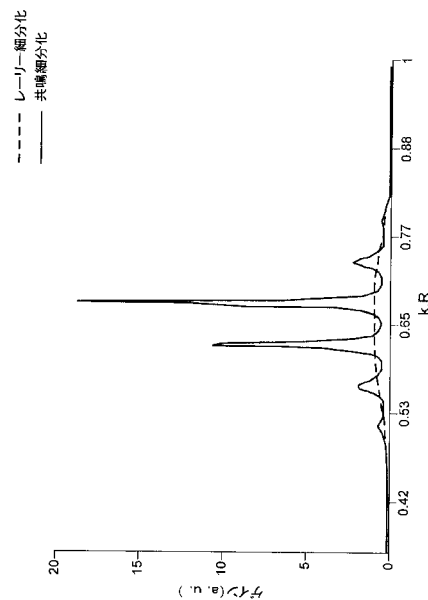
本発明は、その好ましい実施形態を参照して詳細に説明されてきた。当業者は本発明の範囲内で改変および変形を行うことができることを理解するであろう。

20

【図1】



【図3】



【図 4】

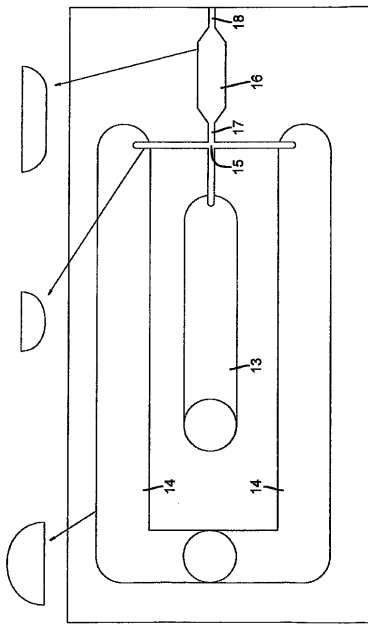


FIG. 4

【図 5】

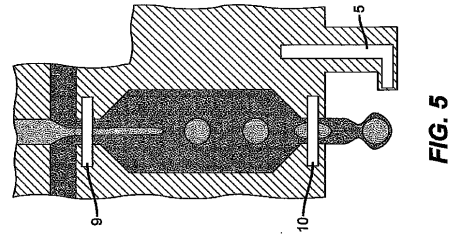


FIG. 5

【図 6】

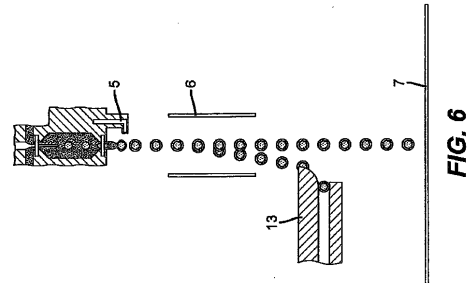


FIG. 6

【図 7】

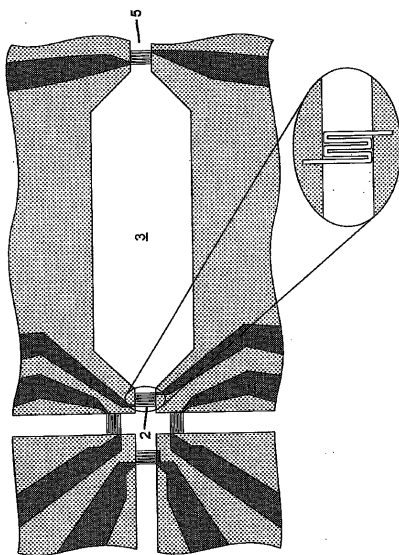
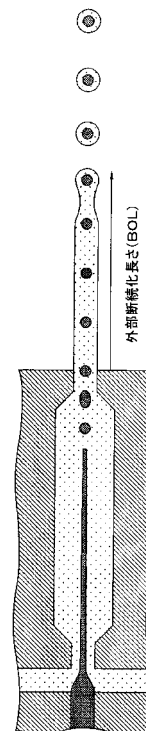
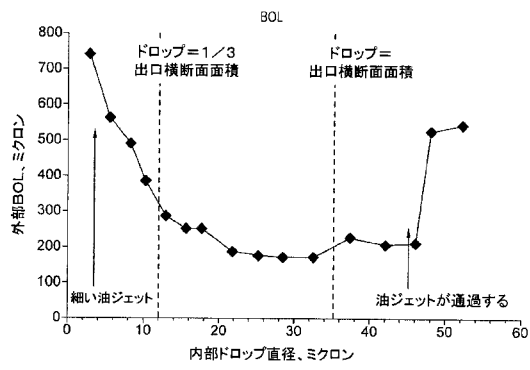


FIG. 7

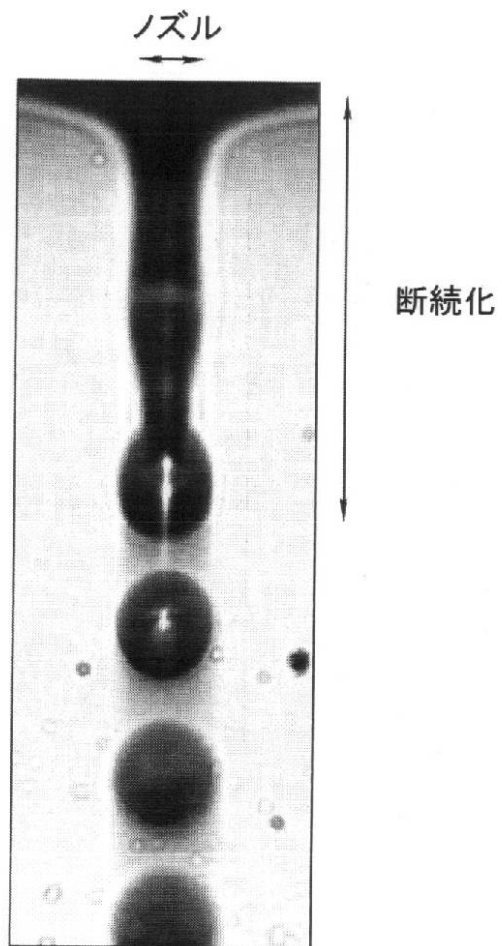
【図 9】



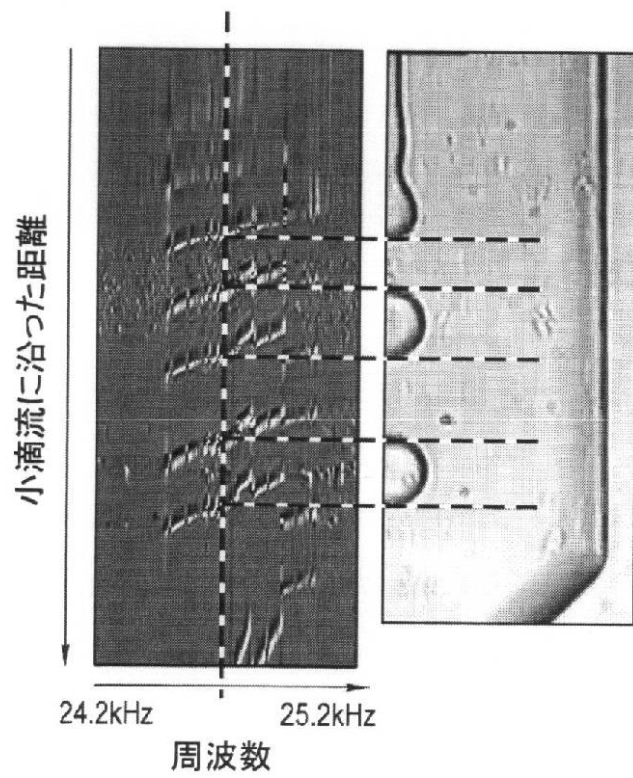
【図 10】



【図 2】

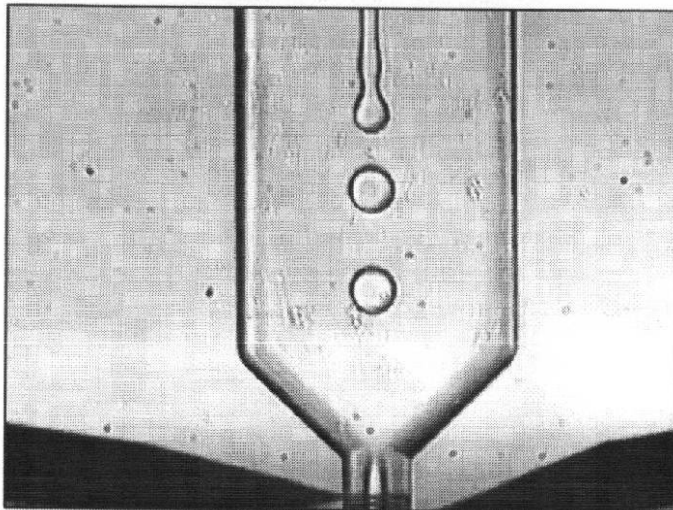


【図 8 a】



【図 8 b】

周波数24.715kHz  
遅延時間0.000マイクロ秒



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 0 1 - 2 2 5 4 9 2 ( J P , A )  
特開 2 0 0 5 - 1 5 2 7 4 0 ( J P , A )  
米国特許出願公開第 2 0 0 6 / 0 0 5 1 3 2 9 ( U S , A 1 )  
国際公開第 2 0 0 5 / 0 8 9 9 2 1 ( W O , A 1 )  
特開 2 0 0 7 - 2 1 6 2 0 6 ( J P , A )  
実開昭 5 1 - 1 0 8 5 2 9 ( J P , U )  
特開昭 5 6 - 0 4 6 7 6 8 ( J P , A )  
国際公開第 1 9 9 8 / 0 5 3 9 4 6 ( W O , A 1 )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

B 0 5 C	5 / 0 0	
B 0 5 C	1 1 / 1 0	
B 0 5 B	1 / 0 0	- 7 / 3 2
B 4 1 J	2 / 0 1	- 2 / 2 1