

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-14616

(P2005-14616A)

(43) 公開日 平成17年1月20日(2005.1.20)

(51) Int. Cl.⁷

B 4 1 J 2/08

F I

B 4 1 J 3/04 1 O 4 G

テーマコード (参考)

2 C 0 5 7

審査請求 未請求 請求項の数 45 O L 外国語出願 (全 37 頁)

(21) 出願番号 特願2004-187683 (P2004-187683)
 (22) 出願日 平成16年6月25日 (2004. 6. 25)
 (31) 優先権主張番号 10/602819
 (32) 優先日 平成15年6月25日 (2003. 6. 25)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 598088778
 クレオ インコーポレイテッド
 CREO INC.
 カナダ国, ブイ5ジー 4エム1, プリ
 イッシュ コロンビア, パーナビー, ギル
 モア ウェイ 3700
 (74) 代理人 100068755
 弁理士 恩田 博宣
 (74) 代理人 100105957
 弁理士 恩田 誠
 (72) 発明者 トーマス ダブリュ. スタイナー
 カナダ国 V5C 1J7 プリティッシ
 ュ コロンビア パーナビー ノース マ
 クドナルド アベニュー 110
 Fターム(参考) 2C057 DA08 DB02 DC15 ED07

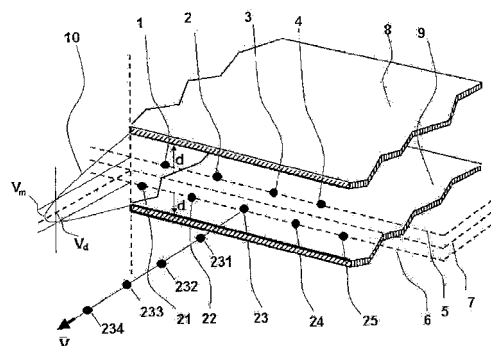
(54) 【発明の名称】 層流空気流を用いたインクジェット用流体液滴を調節するための方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 流体液滴が最大空気流速の領域の外側にある
 空気流に導入される、印刷方法及び印刷装置を提供する

。【解決手段】 複数の列の複数のノズルからなるコンティ
 ニュアス型インクジェット用ヘッドは、共線的な空気流
 の内部にある空気流速の領域に液滴を噴射するインク
 ジェットノズルの複数の列からなる。全てのノズルにお
 ける空気流速は等しいが、共線的な空気流の内部にあ
 る最高空気流速より小さい。これは、より多くの液
 滴流を速度の一致した空気流中に配置することを可能に
 する。液滴は該液滴を横切る空気速度勾配を備えた領域
 中に配置されているにもかかわらず、横方向の力は、印
 刷媒体表面上の液滴の配置が正確かつ良好に制御される
 ような力である。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

表面に流体液滴を沈積させる方法において、前記方法は、

a．一つ以上の液滴放出装置の各々から放出される流体液滴の軌道とほぼ共線的な空気流を確立する工程と、前記ほぼ共線的な空気流は最大速度により特徴付けられる速度プロファイルを有することと、

b．少なくとも 1 つの流体液滴を前記共線的な空気流の第一の領域に放出する工程と、前記第一の領域は最大速度より小さい第一の領域空気流速度を有することと、からなる方法。

【請求項 2】

10

少なくとも 1 つの流体液滴が前記共線的な空気流の第一の領域に放出される速度と、前記第一の領域空気流速度とをほぼ一致させる工程を含む請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

少なくとも 1 つの流体液滴の前記共線的な空気流の第一の領域への放出工程が、複数のノズルからの流体液滴を前記共線的な空気流の第一の領域に放出する工程を含む請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

少なくとも 1 つの流体液滴の前記共線的な空気流の第一の領域への放出工程が、第一のノズルからの流体液滴を第一の領域に放出する工程を含み、かつ前記方法は、第二のノズルからの少なくとも 1 つの流体液滴を共線的な空気流の第二の領域へ放出する工程を含み、前記第一及び第二の領域は、前記最大空気流速度よりも小さい第一及び第二の領域空気流速度をそれぞれ有する請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 5】

前記第一及び第二の領域速度は互いに等しい請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

前記第一及び第二の領域は、共線的な空気流内の第三の領域と相対向する側にあり、かつ該空気流は第三の領域にて最大空気流速度を有する請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記第一及び第二の領域は前記第三の領域に対して対称的に配置されている請求項 6 に記載の方法。

30

【請求項 8】

前記第一及び第二の領域速度は互いに異なる請求項 4 に記載の方法。

【請求項 9】

前記少なくとも 1 つの流体液滴が前記共線的な空気流の第一の領域に放出される速度と、前記第一の領域空気流速度とをほぼ一致させる工程を含む請求項 1 乃至 8 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 10】

少なくとも 1 つの流体液滴を前記共線的な空気流の第一の領域に放出する工程が、複数のノズル列の少なくとも 1 つの第一の列からの流体液滴を第一の領域に放出することからなり、かつ前記方法は、複数のノズル列の少なくとも 1 つの第二の列からの流体液滴を共線的な空気流の第二の領域へ放出し、かつ前記第一及び第二の領域は前記最大空気流速度より小さい対応する第一及び第二の領域空気流速度をそれぞれ有する請求項 1 に記載の方法。

40

【請求項 11】

前記流体液滴が前記少なくとも 1 つの第一のノズル列から前記共線的な空気流の第一の領域へ放出される速度と、前記第一の領域空気流速度とをほぼ一致させる工程を含む請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

前記流体液滴が前記少なくとも 1 つの第二のノズル列から前記共線的な空気流の第二の領域中へ放出される速度と、前記第二の領域空気流速度とをほぼ一致させる工程を含む請求

50

項 10 に記載の方法。

【請求項 13】

1 つ以上の液滴放出装置の各々から放出される流体液滴の軌道とほぼ共線的な空気流を確立する工程は、表面を超えて空気を吹き込む工程を含み、かつ前記第一の領域は、前記表面と空気流が最大速度を有する位置との間にある請求項 1 に記載の方法。

【請求項 14】

前記表面は平面である請求項 13 に記載の方法。

【請求項 15】

前記表面はダクトの内面である請求項 13 に記載の方法。

【請求項 16】

前記ダクトの内面は円筒形である請求項 15 に記載の方法。

【請求項 17】

前記ダクトの内面は長方形である請求項 15 に記載の方法。

【請求項 18】

1 つ以上の液滴放出装置の各々から放出される流体液滴の軌道とほぼ共線的な空気流を確立する工程は、一对の相対向する平面の間に空気を吹き込む工程を含む請求項 1 に記載の方法。

【請求項 19】

前記相対向する平面は前記共線的な空気流の流れの方向に向かって互いに収束する請求項 18 に記載の方法。

【請求項 20】

前記相対向する平面は前記共線的な空気流の流れの方向に向かって互いに分岐する請求項 18 に記載の方法。

【請求項 21】

前記ダクトは、前記共線的な空気流の流れの方向に向かって互いに収束する相対向する壁からなる請求項 15 に記載の方法。

【請求項 22】

前記ダクトは、前記共線的な空気流の流れの方向に向かって互いに分岐する相対向する壁からなる請求項 15 に記載の方法。

【請求項 23】

前記空気流は第一の領域において速度勾配を有する請求項 1 乃至 22 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 24】

前記空気流は層流空気流である請求項 1 乃至 23 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 25】

前記空気流は層流速度プロファイルからなる請求項 1 乃至 23 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 26】

流体液滴を表面に沈積させるための装置であって、前記装置は、

共線的な空気流ダクトと、

前記ダクト中に空気流速度プロファイルを備えた共線的な空気流を確立するための手段と、前記空気流速度プロファイルは：

I．最大空気流速度と、

II．空気流が第一の領域空気流速度を有する第一の領域と、を有し、該第一の領域空気流速度は前記最大空気流速度よりも小さいことと、

流体液滴速度にて前記第一の領域に流体液滴を放出するために配置される少なくとも 1 つのノズルと、

からなる装置。

【請求項 27】

前記流体液滴速度と、前記第一の領域空気流速度とを少なくともほぼ一致させるために構

10

20

30

40

50

成されるシステムコントローラを含む請求項 26 に記載の装置。

【請求項 28】

前記空気流は複数の領域からなり、かつ各領域が前記最大空気流速度より小さい領域空気流速度を備え、前記複数の領域は少なくとも第一の領域と、第二の領域空気流速度を備える第二の領域とを含み、前記装置は、複数のノズル群からなり、該ノズル群の各々は前記複数の領域の対応する一つと関連付けられるとともに 1 つ以上のノズルを有し、前記ノズルの各々は、流体液滴を対応する領域の一つに対応する流体液滴速度にて放出するように配置されている請求項 26 に記載の装置。

【請求項 29】

1 つ以上のシステムコントローラを含み、該 1 つ以上のシステムコントローラは前記ノズル群の各々により提供される流体液滴の速度と、該領域の対応する一つの領域空気流速度とが一致するように構成される請求項 28 に記載の装置。 10

【請求項 30】

第一及び第二の領域空気流速度が互いに等しい請求項 28 又は 29 に記載の装置。

【請求項 31】

前記第一及び第二の領域空気流速度が互いに異なる請求項 28 又は 29 に記載の装置。

【請求項 32】

前記ノズル群は速度プロファイルに対して対称的に配置される請求項 28 乃至 30 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 33】

前記空気流は複数の領域からなり、各領域は前記最大空気流速度より小さい領域空気流速度を有し、前記複数の領域は少なくとも第一の領域と第二の領域とを含み、前記装置は複数のノズル列からなり、該複数のノズル列の各々は流体液滴を前記複数の領域の対応する一つに、対応する流体液滴速度にて放出するように配置されている請求項 26 に記載の装置。 20

【請求項 34】

1 つ以上のシステムコントローラを含み、該 1 つ以上のシステムコントローラは前記ノズル列の各々により提供される流体液滴の速度と、該領域の対応する一つの領域空気流速度とが一致するように構成される請求項 33 に記載の装置。

【請求項 35】

前記ノズル列の第一及び第二のノズル列は流体液滴を対応する第一及び第二の流体液滴速度にて放出し、かつ該第一及び第二の流体液滴速度は互いに等しくない請求項 33 に記載の装置。 30

【請求項 36】

前記複数の領域は、少なくとも 2 つの異なる領域空気流速度を有する領域を含む請求項 33 に記載の装置。

【請求項 37】

前記複数のノズル列は、速度プロファイルにおける最大値の両側に対称的に配置される請求項 33 に記載の装置。

【請求項 38】

前記共線的な空気流ダクトは円形の断面を備えたダクトからなる請求項 26 乃至 37 のいずれか一項に記載の装置。 40

【請求項 39】

前記共線的な空気流ダクトは長方形のダクトからなる請求項 26 乃至 37 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 40】

前記共線的な空気流ダクトは一对の離間したプレートからなる請求項 26 乃至 37 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 41】

前記離間したプレートは空気流の方向に収束する請求項 40 に記載の装置。 50

【請求項 4 2】

前記離間したプレートは空気流の方向に分岐する請求項 4 0 に記載の装置。

【請求項 4 3】

前記速度プロファイルは層流空気流速プロファイルからなる請求項 2 6 乃至 4 2 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 4 4】

本明細書に記載された任意の新たに有用かつ進歩的な工程、作用、複数の工程及び／又は複数の作用の組み合わせ、又は複数の工程及び／又は複数の作用の下位の組み合わせからなる方法。

【請求項 4 5】

本明細書に記載された任意の新たに有用かつ進歩的な構成、該構成の組み合わせ、又は該構成の下位の組み合わせからなる装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明はインクジェット用流体の分野に関し、より詳細には、層流空気流 (laminar airflow) を用いた流体液滴を調節するための方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

記録媒体上の情報を印刷するためにインクジェット式プリンタを使用することは十分に確立されている。インクジェット式プリンタは、流体液滴の連続流を使用する「コンティニュアス型」インクジェットプリンタと、対応する情報が印刷されるべき場合にのみ液滴を放出する「ドロップオンデマンド型」インクジェットプリンタとに分類されている。ドロップオンデマンド型インクジェットプリンタは、一般家庭のコンピュータシステムにて使用されるプリンタにおいては主流となりつつあるのに対し、コンティニュアス型インクジェットプリンタは産業及び専門の環境において主として使用されている。

【0003】

コンティニュアス型インクジェットプリンタは典型的には、インク流体の供給ライン又は供給システムを内蔵するプリントヘッドと、インク流体供給により供給される一つ以上のインクノズルを備えたノズルプレートとを備えている。ガター (gutter) アセンブリが、回収されるべきインク液滴の飛翔経路においてノズルプレートから下流側に配置されている。ガターアセンブリは、記録媒体上の印刷に不必要なインクの液滴を捕捉する。

【0004】

インク滴を作製するために、液滴発生器がプリントヘッドに関連している。従来から議論されている種々のメカニズムにより、液滴発生器はプリントヘッド内及び該プリントヘッドを僅かに超えた側にある流体流に影響を与える。これは、最初はノズルから噴射される液柱状のインク流を押し出し、ノズルプレート付近にて一連のインク滴に分断される頻度にて起こる。帯電電極が、インク滴の飛翔経路に沿って配置される。帯電電極は、液滴がジェットから分断される時にインク滴を選択的に帯電する。帯電電極から下流側に配置された一つ以上の偏向板が帯電されたインク滴をガター中、又は記録媒体上のいずれかへと偏向する。例えば、ガターに捕捉されるべき液滴は帯電されてガターアセンブリ中へ偏向し、媒体上に印刷されることを意図した液滴は帯電されないので偏向されることもない。そのようなシステムにおいて、構成を逆にして、帯電されていない液滴をガターにて捕捉し、帯電されたものが最終的に印刷されるようにすることもできる。

【0005】

媒体表面におけるインク滴の位置不良 (misregistration) は、コンティニュアス型インクジェットプリンタにて起こり得る問題である。液滴が飛翔経路に沿って記録表面に推進される際に該液滴間の相互作用によりインク滴の位置不良が発生する。インク滴の相互作用の一つの原因は液滴に関する空気抵抗にある。空気の速度が液滴の速

10

20

30

40

50

度に一致しない場合、各液滴の周囲の局所的な空気流が液滴の通過により影響を受け、これが追跡中の液滴の力学に影響を与える。そのような空気力学的な相互作用は、それが液滴の速度を増大又は減少することから、該液滴間の相対的な間隙に影響を与える。結果として、あるインク滴は早く媒体に到達する一方で、別のインク滴は遅く到達することになる。液滴が飛翔中に合体することもあり得る。追跡中の液滴はまた、異なる偏向された軌道上にて液滴が追従される場合は横方向の力を受けることもあり得る。それら全体的な影響により、空気抵抗とも称される空気力学的な相互作用が液滴を媒体上の誤った位置に導き、印刷の品質を粗悪なものとしてしまう。

【 0 0 0 6 】

複数のノズルからなるプリントヘッドにおいて、空気抵抗は、流体液滴流から流体液滴流への液滴速度の変化という更なる問題を引き起こし、結果として媒体上における液滴の配置が更に不正確となり、印刷の品質が劣ることになる。

10

【 0 0 0 7 】

この空気抵抗の問題に取り組む為に、従来技術では空気のようなガス流を用いてインク滴上における空気抵抗を補償した。空気はインク滴の流れと共線的に流れ、空気力学的な影響を低減した。インクジェットノズルは、通常、液滴を空気流の中心に噴射するように取り付けられている。この試みの延長として、層流空気流がまた複数のノズルからなるヘッドに適用された。これは、単一の列に並べられたノズルを用いることにより実施された。

【 0 0 0 8 】

従来技術は層流空気流のカラムの最高速度域を中心に単一のノズルが配置されることにより特徴付けられる。これは、液滴の飛翔経路が横方向に逸らす力を最小限に留めるために実施される。単一の列に並べられた複数のインクジェットノズルのための層流システムもまた、従来技術において記載されており、該ノズルは、層流空気流カラムの最高速度域を中心にして配置されている。複数のノズルからなる列を複数備えたコンティニュアス型インクジェットシステムも提唱されているが、それらは層流空気流の恩恵を享受していないように見える。その理由は、空気流の速度プロファイルが適切に一定であるようなシステムの均一かつ最高速度の空気流領域を除くいたるところにて、液滴の配置に関する上述のような不都合な結果が認められるためである。その結果、複数のノズルからなる列を複数備えたシステムのためのインクジェットプリンタの設計は、深刻な液滴の位置不良の問題を含むこととなる。

20

30

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 9 】

本発明は、流体液滴が最大空気流速の領域の外側にある空気流に導入される、印刷方法及び印刷装置を提供することにある。空気流は流体液滴が導入される領域において速度勾配を備えている。驚くべきことに、印刷媒体表面における液滴の配置は、本発明の方法及び装置により、正確かつ良好に制御され得る。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 0 】

本発明の一態様は、表面に流体液滴を沈積させる (d e p o s i t) ための方法を提供する。流体液滴は例えばインク滴であり得る。表面は、例えば印刷されるべき媒体の表面であり得る。該方法は、一つ以上の液滴放出装置の各々によって放出される流体液滴の軌道とほぼ共線的である (c o l l i n e a r) 空気の流れを確立する工程を含む。液滴放出装置は例えばインクジェットノズルであり得る。ほぼ共線的な空気の流れは最大速度により特徴付けられる速度プロファイルを有する。該方法は、少なくとも一つの流体液滴を該共線的な空気の流れの第一の領域中に放出する工程を含む。該液滴は媒体上の軌道に追従する。第一の領域は、最大速度より小さい第一の領域空気流速を有する。

40

【 0 0 1 1 】

本発明の別の態様は、表面に流体液滴を沈積させるための装置を提供する。該装置は共

50

線的な空気流ダクトと、空気流速度プロファイルを備えた共線的な空気流を該ダクト内に確立するための手段とからなる。空気流速度プロファイルは最大空気流速度と、空気流が第一の領域空気流速度を有する第一の領域とにより特徴付けられる。第一の領域空気流速度は最大空気流速度より小さい。該装置は、流体液滴を流体液滴の速度にて第一の領域に放出するために配置された少なくとも一つのノズルを有する。

【0012】

本発明の幾つかの実施形態に従う装置は、複数のノズルからなる第一及び第二のノズル列を含み、両ノズル列は速度プロファイルの最大空気流速度の両側に対称的に配置されている。ノズル列の各々は共線的な空気流の対応する領域に液滴を放出し、該空気流は最大空気流速度より小さな領域空気流速度を備えている。

10

【0013】

ある実施形態において、各々が複数のノズルからなる複数の列を備えたコンティニュアス型インクジェットヘッドは、共線的な空気流の内部にある空気流速度の領域に流体液滴を噴射する各々が複数のインクジェットノズルからなる複数の列を含む。全ての液滴の軌道において空気流速度はほぼ等しいが、該空気流速度は共線的な空気流の内部にある最大空気流速度よりは小さい。これは、速度が一致した空気流中により多くの液滴流を配置することを可能にする。液滴は該液滴を横切る空気流速度勾配を備えた領域に存在するにも係らず、横方向の力は、印刷媒体表面に配置される液滴が正確かつ良好に制御されるような力であることが見出された。

【発明を実施するための最良の形態】

20

【0014】

図面は、本発明の実施形態を非限定的に例示するものである。

以下の記載を通して、特定の詳細な説明が本発明のより完全な理解を提供するために記載されている。しかしながら、本発明はこれらの特殊な場合をなくしても実施され得る。その他の例において、本発明を不必要に不明瞭にすることを避けるために周知の要素は詳細には示されていないか、又は記載されていない。従って、本明細書及び図面は限定的な意味よりむしろ例示的な意味を有するものとみなされるべきである。

【0015】

図1は、本発明の好ましい実施形態を示す。インクジェット用流体液滴1, 2, 3及び4は矢印にて示されるように、ベクトルVの方向に、プレート8から等しい距離dの位置にて面5を移動している。インクジェット用流体液滴21, 22, 23, 24、及び25は、同じ矢印にて示されるように、ベクトルVの方向に、プレート9から等しい距離dの位置にて面6を、インクジェット用流体液滴1, 2, 3及び4と共線的に移動している。実質的に共線的な空気流は、矢印にて示されるように、ベクトルVの方向に両方の液滴列とほぼ共線的に空気を流すことにより確立される。インクジェット用流体液滴はインクジェットノズルから共線的な空気流へと放出される。実質的に共線的な空気の流れにおいて、空気流は、噴射から記録表面への沈積までの飛翔の行程の大部分にわたる液滴の経路の方向に、速度が該経路にわたりほぼ一致するような程度にて整列されており、空気及び液滴の相対速度は、液滴に対する空気抵抗の効果を低減するために十分に小さく、それにより印刷される表面に液滴が配置される場合の正確度がかなり改善される。

30

40

【0016】

インクジェットの流体液滴を放出するための種々の技術が当業者において公知であるので、ここでは更に論ずることもなく、かつノズルも図面において省略されている。放出されたインクジェット用流体液滴の速度を制御するために設けることができるシステムの一つの又は複数のコントローラ、並びに層流空気流ダクト中の空気の流れは当業者にはまた周知である。従って、それらは図面には示されておらず、本明細書において更に記載されることもない。

【0017】

第一の列の4つのインクジェット用流体液滴と、第二の列の5つのインクジェット用流体液滴とは、同様の様式にて正確に移動する非常に多くの液滴の代表例として選択されて

50

いる。より明瞭にするために、二つのプレート 8 及び 9 の間を移動するインクジェット用流体液滴の各トレイン (t r a i n) は、図 1 においては一つの液滴によって示される一方で、実際には、各トレインは、一方が他方の後ろ側を飛翔する多くの液滴からなる。インクジェット用流体液滴 2 3 がその一部である、インクジェット用流体液滴のトレインの一つは、インクジェット用流体液滴 2 3 , 2 3 1 , 2 3 2 , 2 3 3 及び 2 3 4 からなるものとして示されている。

【 0 0 1 8 】

両プレート 8 及び 9 がそれらの面の全ての方向において更に延長した範囲まで、空気流の速度プロファイルが曲線 1 0 にて記載されている。図 1 には示されていないが、プレート 8 及び 9 は更なるプレートと結合され、共線的な空気流が確立される範囲内において画
10
定された空間を構成する。この画定された空間は共線的な空気流ダクトとして機能する。最大空気流速度 V_m はプレート 8 及び 9 の中間点において得られ、かつ空気流の速度プロファイルは面 7 にて与えられるこの中間点を中心に対称である。空気流速度プロファイルは種々のファクタにより決定される。主として、制御境界条件は、速度が、面 8 及び 9 の内面ではゼロとなり、かつ該中間点に向かって増大することである。更に、寸法及び速度は、得られるレイノルズ数を純粋な層流を可能にするのに十分低いものとするように設定する必要がある。

【 0 0 1 9 】

インクジェット用流体液滴を噴射し、かつ帯電するのに適した手段、並びに共線的な空気流を確立し、かつ液滴付近の空気流の速度と液滴の速度とをほぼ一致させることを確実に
20
するのに適した手段は、当業者には周知であるので、本明細書においては更に論ずることはない。これらの速度の一致は、液滴の速度を調整するか、若しくは領域の空気流速度を調整するか、又はそれらの両方により達成され得る。

【 0 0 2 0 】

従来技術において、曲線の頂点にある面 7 にて与えられる最大空気流速度の領域においてプレート 8 及び 9 の中間点を液滴が正確に飛翔するように、インクジェットノズルが配置される。この小さな領域内において、空気流の速度プロファイルはほぼ平坦であり、かつインクジェット用流体液滴はその経路において安定していると考えられる。速度プロファイルのほぼ平坦な領域は、速度における小さな変化が頂点の周囲の名目上の位置に対して液滴を横切って存在する場所にて起こり、それにより速度プロファイルの実質的に平坦
30
な領域における空気流の位置のわずかな変化に対して、空気抵抗が液滴流にほとんど作用しない。

【 0 0 2 1 】

一列以上のノズル列を備えたコンティニュアス型インクジェットプリンタを製作することを望む設計者は、複数の列を面 7 の最大空気流速度領域にすべて存在させることができない、という事実と直面する。従って、仮に、空気流速度プロファイルの理由から複数の列がその領域に存在しない場合、空気流速度が単一の液滴の寸法を超えて実際には顕著に変化するような領域にそれらが存在する必要がある。液滴はその外面よりは内面にてより速い空気流速度を経験するであろう。「外面」は、本明細書においては、インクジェット用流体液滴の、最高空気流速度の領域から離間して対向する表面を記載するように使用さ
40
れている。これに対し、「内面」は、本明細書においては、インクジェット用流体液滴の、最大空気流速度の領域に向かって対向する表面を記載するように使用されている。一例として、インクジェット用流体液滴 4 及び 2 4 の外面は、面 7 から離間して対面しており、インクジェット用流体液滴 4 及び 2 4 の内面は、面 7 に向かって対面している。インクジェット用流体液滴を横切る空気流速度のこの変化は液滴の旋回を引き起こし、かつ液滴がガターに指向されることを回避するような横方向の力を与え、印刷媒体上での位置不良を引き起こす。

【 0 0 2 2 】

本発明の発明者らは、液滴対液滴の空気抵抗の相互作用が、横方向の力が存在している間でも無視し得る程のレベルに低減され、それにより印刷媒体表面上への液滴の配置が正
50

確かつ良好に制御されることを見出した。インクジェット用流体液滴の2つの列が、プレート8及び9からそれぞれ同じ距離に位置することを確実にすることによって、該液滴は共線的な空気流の領域に放出され、該領域では、液滴における領域空気流速が実質的に同じ値 V_d であり、その値は最大空気流速である V_m より特に小さい。

【0023】

図1に示すように、本発明の幾つかの好ましい実施形態において、プレート8及び9の間の間隔は典型的には200乃至400ミクロンの範囲にある。プレート8及び9の間の間隔の許容可能な範囲は、複数の要素により決定される。プレート8及び9の間の最小間隔は、二つの離間したノズル列を、各列と隣接するプレートとの間の間隙 d にて配置することを可能にするのに十分な大きさとすべきである。2つのノズル列の間の分離距離はまた、多数の列のインクジェットアレイにおいて起こり得る好ましくない液滴対液滴の相互効果を減少するように選択される。プレートはプレート8及び9の間の層流空気流の発生を確実にするのに十分接近して離間されるべきである。

10

【0024】

ダクト内の流れが層流であるか否かは、システムに関連するレイノルズ数に依存する。レイノルズ数はダクトの寸法、平均速度、ダクト内の空気粘度及び密度を含む種々のパラメータに由来する。層流の条件は、典型的には、1000未満のレイノルズ数にて見出される。プレートの長さはノズル列の長さに依存して、数センチメートル又はそれ以上のオーダーであり得る。液滴のトレインを隣接するプレートから離間する距離 d は数ミクロンから数十ミクロンの間で変更され得る。この好ましい実施形態において、ノズル列のいずれかから隣接するプレートまでの距離 d は50ミクロンである。ノズル列は250 μm だけ離間しており、全体の間隙幅が350 μm であるダクトを生成する。液滴231から234までのトレインにより示される方向におけるダクトの高さは、数ミリメートルのオーダーであり得る。

20

【0025】

この好ましい実施形態において、ダクトの中心における最大空気流 V_m は45メートル/秒である。空気流の層流プロファイルは面6及び7にて空気流の速度を低減する。この好ましい実施形態において、面6及び7における低減された空気流速は、30メートル/秒であり、各列の液滴の液滴速度 V_d に一致する。層流プロファイルの最大値における空気流の速度は秒速数十メートルから100メートルを超える範囲であり、距離 d は、インクジェット印刷装置において典型的には10乃至50メートル/秒の範囲である液滴の速度にて、空気流プロファイルにおける最大空気流速より小さい速度(*sub-maximal air velocities*)に一致するように選択される。2列のノズルシステムからなるこの好ましい実施形態において、ノズルの両方の列は、ダクト内において等しく離間され、かつ中央に配置され、それにより、各列のノズルがほぼ等しい空気流速を有する空気流領域に流体液滴を放出することが保証される。しかしながら、ノズル列は、一方が他方の真上になるように配置される必要はなく、図1に示すように、一列のノズル列と比較して得られる印刷解像度を2倍にするために、互い違いに配列される。

30

【0026】

図2に示されるように、本発明の更なる実施形態において、インクジェット用流体液滴31, 32, 33, 34, 35及び36は、矢印にて示されるように、シリンダ38から径方向の距離 d にて該シリンダの表面内37をベクトル V の方向に移動する。空気は、矢印にて示されるベクトル V の方向にシリンダ38の形状である共線的な空気流ダクトにより画定された空間内をインクジェット用流体液滴と共線的に流れるように押される。従って、インクジェット用流体液滴は、シリンダ38と円筒対称であり、かつ該シリンダ38より量 d だけ小さな半径を有する薄い円筒状の空気シェルにより画定された空気の共線的な流れの領域に放出される。この特殊な例において、6つのインクジェット用流体液滴は、同様に選択された空気流領域内を全く同じように移動し、かつ最大空気流速 V_m より小さいほぼ同一の領域空気流速 V_d にて共線的に飛翔する異なる数の液滴の代表例として選択される。明瞭にするために、インクジェット用流体液滴の各トレインは図2におい

40

50

ては一つの液滴により示される一方、実際には、各トレインは、一方が他方に重なるように飛翔する多くの液滴からなる。インクジェット用流体液滴のトレインの一つであり、かつインクジェット用流体液滴 3 4 の一部であるものが、インクジェット用流体液滴 4 1 , 4 2 , 4 3 , 4 4 及び 4 5 からなるものとして示される。

【 0 0 2 7 】

空気流速度プロファイルは、曲線 9 により示され、シリンダの中心における空気は、最大空気流速度 V_m にて流れる。空気流速度プロファイルは、速度がシリンダ 8 の内面にてゼロであり、かつシリンダの中心に向かって増大するという事実により決定される。従って、インクジェット用流体液滴は最大空気流速度よりかなり小さい空気流速度を有する領域中を飛翔する。

10

【 0 0 2 8 】

従来では、層流の形態は、最大空気流速度領域においてシリンダの中心から正確に下流側に移動するインクジェット用流体液滴の単一のトレインを用いて使用するためにのみ設けられていた。この小さな領域内において、従来技術は速度プロファイルが適切に平坦であると考慮され、かつインクジェット用流体液滴はその経路において安定であると見なされていた。

【 0 0 2 9 】

より一般化された実施形態において、確定された空間の断面、即ち、空気の共線的な流れと垂直な面が無作為の二次元形状を備え得ることは明らかである。顕著な空気流速度プロファイルが存在するであろう。領域空気流速度が等しいが、最大空気流速度より小さい領域を選択することが常に可能であろう。インクジェットノズルの複数の列は、等しい領域空気流速度の領域、又は複数のそのような領域中にインクジェット用流体液滴を放出するように配置され得る。

20

【 0 0 3 0 】

円筒状断面は、これらの領域が円筒状シェルの形状と仮定した単に非常に特殊な場合である。本発明の一般的な場合において、「外面」なる用語は、共線的な空気流ダクト内の最も大きな空気流速度領域から離間するように対向するインクジェット用流体液滴の表面を記載する。「内面」なる用語は、共線的な空気流ダクト内の最も大きな空気流速度領域に向かって対向するインクジェット用流体液滴の表面を記載する。インクジェット用流体液滴を選択された空気領域に放出するタイミングは、設計者の自由な裁量に委ねられるので、与えられたインクジェット用流体液滴は印刷されるべき媒体上の正確に所望される場所に所望の時間に確実に沈積されるように選択される。これは、必要とされる情報を正確な位置に印刷するために、ノズルの完全に一般化された分配が用いられることを可能にする。本発明の本実施形態において、ノズルの配列は、一般的には、非線形、かつ非円形である。

30

【 0 0 3 1 】

本発明の更なる実施形態において、円筒状システムを介して最も簡単に記載されているように、二つ以上の領域気流速度が選択され、かつインクジェット用流体液滴はこれらの異なる領域に、対応する領域気流速度とほぼ一致する速度にて放出される。従って、円筒状層流気流ダクトの場合、そのようなシステムは領域気流速度の二つ以上の同心状の領域群を有し、これらの領域の最も内側の部分は最高領域空気流速度を有し、かつ最も外側の部分は最低領域空気流速度を有する。領域空気流速度が正確に測定され、かつ液滴放出速度が適合されるので、インクジェット用流体液滴の放出タイミングは、該群における個々の領域中の領域空気流速度におけるばらつきを補償するために異なる領域においては意図的に異なるように生成され得る。この円筒の実施形態において、インクジェット用流体液滴が放出されるノズルは明らかに同心円に配置される。

40

【 0 0 3 2 】

本発明の更なる実施形態において、不均一な断面の空気流ダクトが液滴の軌道とほぼ共線的である領域空気流速度を得るために構成され得る。意図された液滴の軌道と共線的な空気流は、流れの方向を横切る固定された断面を有するダクト中の層流により得られるが

50

、ほぼ共線的な流れは流れの方向に沿った断面の変更を伴って空気流ダクト中に存在する。一つの特異な実施形態において、該ダクトは、図1の長方形ダクトのように二つの面により形成され得るが、面8及び9は平行ではなく、かつ記録表面に向かって両方の面の間の距離が低減している。この収束ダクト (converging duct) は層流を維持してはいるものの、記録表面において出口に向かって、強度が増大し、かつ方向が変化する空気流速度を有するであろう。液滴はほぼ共線的な空気流ダクト中に指向され、それにより平均的には、液滴と収束する空気流との間の相対速度は、その空気抵抗による相互作用が記録表面上に改善された液滴の正確な配置が得られるレベルにまで低下するのに、十分小さい。

【0033】

10

更に別の実施形態において、ダクトは図1の長方形ダクトのように二つの面により形成されるが、面8及び9が平行ではなく、かつ記録表面に向かって両方の面の間の距離が増大している。上述の分岐ダクト (diverging duct) は層流を維持してはいるものの、記録表面において出口に向かって、方向が変化する、かつ強度が減少する空気流速度を有するであろう。液滴はこの空気流に指向し、それにより平均的には、該液滴と分岐する空気流との相対速度が上記のように十分小さい。

【0034】

複数の領域空気流速度の使用は、本明細書において記載されるその他の形態に拡大され得る。長方形の形態を備えた層流ダクトの場合、インクジェットノズルは、該インクジェット用流体液滴を種々の領域空気流速度帯に放出するために複数の平行な列に配列され得る。より一般化された断面の層流空気流ダクトを有する実施形態において、ノズルの配置は対応してより一般化され、ノズルの所定のサブセットがそのインクジェット用流体液滴をほぼ一致した領域空気流速度の領域へ放出することを確実にする。

20

【0035】

本発明の幾らかの実施形態はダクト内の空気流の層流プロファイルに対して対称に、又は非対称に配置された複数のノズル群、又はノズル列を含む。即ち、偶数のノズル群又はノズル列が、所定のダクトにより形成された層流空気速度プロファイルに対して等しく離間され、かつ中央に配置される。そのような実施形態において、液滴が放出される最大速度より小さな空気流速度の領域は、空気流の層流プロファイルの両側において同じである。

30

【0036】

代替的な実施形態において、複数のノズルからなる偶数の又は奇数の組のノズル群が所定のダクトにより形成された層流プロファイルに対して、均一に、又は不均一に離間され、かつ非対称に配置される。そのような実施形態において、液滴が放出される最大速度より小さな空気流速度の領域は、空気流の層流プロファイルの各々の側において異なり、また層流プロファイルの一方の側にのみ制限されることもある。当然のことながら、上記全ての実施形態において、任意の液滴が所定のノズル、ノズル群、又はノズル列から放出される液滴の速度は、所定の液滴が放出される最大速度より小さな空気流の対応する領域における最大速度より小さな空気流速度に一致するように制御されるべきである。

【0037】

40

既に記載された本発明の異なる実施形態はコンティニュアス型インクジェットシステムに基づいてはいるものの、本発明の幾らかの利点は、インクジェット用流体液滴が印刷されるべき媒体上に印刷することを意図されている場合にのみ放出されるドロップオンデマンド型インクジェットシステムにも等しく適用される。従って、そのようなシステムではガターは必要ではなく、全ての放出されるインクジェット用流体液滴が共線的な空気流内を飛翔する。ドロップオンデマンドシステムは、一つ以上の領域空気流速度がインクジェット用流体液滴を噴射するために選択される場合に特に修正可能である。

【0038】

このように、本発明がより理解され、かつ本発明の当該分野に対する貢献がより評価されるように本発明の重要な特徴を概説した。当業者は、この開示の基準となる概念が、本

50

発明のいくつかの目的を実行するために他の方法及び装置の設計の基礎として容易に利用され得ることを理解するであろう。従って、この開示は、本発明の精神及び請求の範囲を逸脱することなくそのような同等の方法及び装置を含むものとして見なされることが最も重要である。

【 0 0 3 9 】

以上の開示を考慮して当業者には周知のように、種々の変更及び修正が本発明の精神及び請求の範囲を逸脱することなく、本発明の実施において可能である。たとえば：

空気流は、空気以外の気体により提供することが可能であり；

空気流は印刷の品質に不当に影響を与えることがなく、かつ層流の速度プロファイルからなる小さな乱気流を備えることが可能であり；

空気流は、例えば、該空気流が楕円形の断面を備えたダクト内に確立されている場合のように図面の面と垂直な方向に変更することが可能である。

従って、本発明の範囲は、以下の特許請求の範囲に定義された実体に従って構築されるべきである。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 0 】

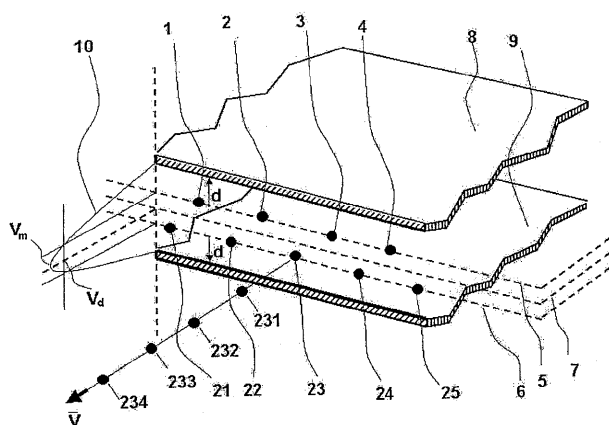
【図 1】 空気のカラム内において共線的に移動するインクジェット用流体液滴を示しており、該空気のカラムは該カラム内にある平面に対して対称的な速度分布を備えている。

【図 2】 空気のカラム内において共線的に移動するインクジェット用流体液滴を示しており、該空気のカラムはカラムの中心から下る線に対して円筒対称である速度分布を備えている。

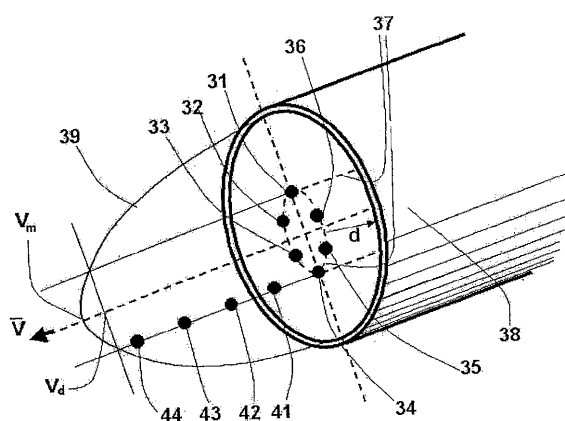
10

20

【図 1】



【図 2】



【 外国語明細書 】

METHOD FOR CONDITIONING INKJET FLUID **DROPLETS USING LAMINAR AIRFLOW**

Technical Field

[0001] The invention pertains to the field of inkjetting of fluids and, in particular, to the conditioning of fluid droplets using laminar airflow

Background

[0002] The use of ink jet printers for printing information on a recording media is well established. Ink jet printers may be grouped into “continuous” inkjet printers that use continuous streams of fluid droplets and “drop-on-demand” inkjet printers that emit droplets only when corresponding information is to be printed. Drop-on-demand inkjet printers have become the predominant type of printer for use in home computing systems, while continuous inkjet systems find major application in industrial and professional environments.

[0003] Continuous inkjet printers typically have a print head that incorporates a supply line or system for ink fluid and a nozzle plate with one or more ink nozzles fed by the ink fluid supply. A gutter assembly is positioned downstream from the nozzle plate in the flight path of ink droplets to be guttered. The gutter assembly catches ink droplets that are not needed for printing on the recording medium.

[0004] In order to create the ink droplets, a drop generator is associated with the print head. The drop generator influences, by any of a variety of mechanisms discussed in the art, the fluid stream within and just beyond the print head. This is done at a frequency that forces thread-like streams of ink, which are initially ejected from the nozzles, to break into a series of ink droplets in the vicinity of the nozzle plate. A charge electrode is positioned along the flight path of the ink droplets. The charge electrode selectively charges the ink droplets as the droplets break off from the jet. One or more deflection plates positioned downstream from the charge

- 2 -

electrodes deflect a charged ink droplet either into the gutter or onto the recording media. For example, the droplets to be guttered are charged and hence deflected into the gutter assembly and those intended to print on the media are not charged and hence not deflected. In some systems, the arrangement is reversed, and the uncharged droplets are guttered, while the charged ones ultimately are printed.

[0005] Ink droplet misregistration at the media surface is a problem experienced by continuous ink jet printers. Interactions between droplets as they are propelled along a flight path towards the recording surface can cause ink droplet misregistration. One cause for droplet interaction is the aerodynamic drag on droplets. Unless the air velocity matches the drop velocity, local airflow around each drop is affected by the passage of the drop and this will affect the dynamics of trailing drops. Such aerodynamic interactions affect the relative spacing between droplets because it either increases or decreases the velocity of the droplets. As a result, some ink droplets reach the media early while others reach the media late. Drops may even merge in flight. The trailing drops may also experience lateral forces when following a drop on a different deflected trajectory. The overall effect is that the aerodynamic interaction, also called the aerodynamic drag, causes relatively poor printing quality due to droplet misplacement on the media.

[0006] In multinozzle print heads aerodynamic drag creates the additional problem of variation in droplet velocity from fluid droplet stream to fluid droplet stream, resulting in further inaccuracies in droplet placement on the media, and consequent poor printing quality.

[0007] To address the aerodynamic interaction problem, the prior art utilizes a gas stream, such as air, to compensate for aerodynamic drag on the ink droplets. The air flows collinearly with the stream of ink droplets

- 3 -

and reduces the aerodynamic effect. The inkjet nozzle is generally mounted to eject the droplets into the center of the air stream. In an extension of this approach, laminar airflow has also been applied to multinozzle heads. This is generally done by using a single row of nozzles.

[0008] The prior art is generally characterized by the placement of a single nozzle centrally in the highest velocity zone of the laminar airflow column. This is done to minimize any forces that may deviate the flight path of the droplets laterally. Laminar flow systems for single rows of multiple inkjet nozzles have also been described in the prior art, the nozzles again being placed centrally in the highest velocity zone of the laminar airflow column. While multirow multinozzle continuous inkjet systems have indeed been proposed, they have not seen the benefit of laminar airflow, due to the above anticipated negative consequences of droplet placement anywhere but in the uniform highest airflow velocity area of the system where the airflow velocity profile is suitably flat. As a result, the inkjet printer designs suggested for multirow multinozzle systems are subject to serious droplet misregistration problems.

Summary of the Invention

[0009] This invention provides printing methods and apparatus in which fluid droplets are introduced into an airflow outside of a region of maximum airflow velocity. The airflow may have a velocity gradient in the regions where the fluid droplets are introduced. Surprisingly droplet placement on the print media surface can be accurate and well controlled in such methods and apparatus.

[0010] One aspect of the invention provides methods for depositing fluid droplets on a surface. The fluid droplets may be ink droplets for example. The surface may be the surface of a medium to be printed on for example. The methods comprise establishing a flow of air substantially

- 4 -

collinear with a trajectory of fluid droplets emitted by each of one or more droplet emitters. The droplet emitters may be inkjet nozzles, for example. The substantially collinear flow of air has a velocity profile characterized by a maximum velocity. The methods include emitting at least one fluid droplet into a first region of the collinear flow of air. The droplet follows the trajectory onto the medium. The first region has a first regional airflow velocity lower than the maximum velocity.

[0011] Another aspect of the invention provides apparatus for depositing fluid droplets on a surface. The apparatus comprises a collinear airflow duct and means for establishing in the duct a collinear airflow having an airflow velocity profile. The airflow velocity profile is characterized by a maximum airflow velocity; and a first region wherein the airflow has a first regional airflow velocity. The first regional airflow velocity is lower than the maximum airflow velocity. The apparatus has at least one nozzle disposed to emit fluid droplets at a fluid droplet velocity into the first region.

[0012] Apparatus according to some embodiments of the invention includes first and second rows of nozzles disposed symmetrically on either side of the maximum airflow velocity of the velocity profile. Each of the rows of nozzles emits droplets into a corresponding region of the collinear airflow wherein the flowing air has a regional airflow velocity which is lower than the maximum airflow velocity.

[0013] In some embodiments, a multirow multinozzle continuous inkjet head comprises a plurality of rows of inkjet nozzles ejecting fluid droplets in regions of airflow velocity within a collinear flow of air. The airflow velocity at all droplet trajectories is substantially equal, but lower than the highest airflow velocity within the collinear flow of air. This allows many more droplet streams to be placed in a velocity-matched

- 5 -

airstream. Despite the droplets being in regions with air velocity gradients across the droplets, it is found that the lateral forces are such that droplet placement on the print media surface is accurate and well controlled.

Brief Description of Drawings

[0014] In drawings which illustrate non-limiting example embodiments of the invention:

[0015] FIG. 1 shows inkjet fluid droplets moving collinearly within a column of air that has a velocity distribution that is symmetrical with respect to a plane within the column; and,

[0016] FIG. 2 shows inkjet fluid droplets moving collinearly within a column of air that has a velocity distribution that is cylindrically symmetrical with respect to a line down the centre of the column.

Description

[0017] Throughout the following description, specific details are set forth in order to provide a more thorough understanding of the invention. However, the invention may be practiced without these particulars. In other instances, well known elements have not been shown or described in detail to avoid unnecessarily obscuring the invention. Accordingly, the specification and drawings are to be regarded in an illustrative, rather than a restrictive, sense.

[0018] FIG.1 shows a preferred embodiment of the invention. Inkjet fluid droplets 1, 2, 3 and 4 are moving in plane 5 in the direction of vector v , as indicated by the arrow, at an equal distance d from plate 8. Inkjet fluid droplets 21, 22, 23, 24 and 25 are moving collinearly with inkjet fluid droplets 1, 2, 3 and 4 in plane 6 in the direction of vector v , as indicated by

- 6 -

the same arrow, at an equal distance d from plate 9. A substantially collinear flow of air is established by forcing air to flow substantially collinearly with both rows of droplets in the direction of vector v , as indicated by the arrow. The inkjet fluid droplets are emitted from inkjet nozzles into the collinear flow of air. In the substantially collinear air flow, the airflow is approximately aligned in direction with the path of the drop over the majority of the course of its flight from ejection to deposition on the recording surface, to the degree that when speeds are approximately matched over the path, the relative velocity of air and drop is sufficiently small to reduce aerodynamic drag effects on the drop, such that drop placement accuracy on the printed surface is measurably improved.

[0019] Since the various technologies of inkjet fluid droplet emission are well-known to those skilled in the art, they are not discussed further here and the nozzles are not shown in the figures. The systems controller or controllers that may be provided to control the velocity of the emitted inkjet fluid droplets, as well as the airflow in the laminar airflow duct, are also well-known to those skilled in the art. They are therefore not shown in the figures and are not further discussed herein.

[0020] The four inkjet fluid droplets of the first row and the five inkjet fluid droplets of the second row are chosen to be representative of a much larger number of droplets moving in exactly the same fashion. For the sake of clarity each train of inkjet fluid droplets moving between the two plates 8 and 9 is represented by a single droplet in Figure 1, whereas, in fact, each train is comprised of many droplets traveling one behind the other. One of the trains of inkjet fluid droplets, that of which inkjet fluid droplet 23 is part, is shown to comprise inkjet fluid droplets 23, 231, 232, 233 and 234.

- 7 -

[0021] To the extent that plates 8 and 9 both extend much further in all directions of their planes, the airflow velocity profile is described by curve 10. Plates 8 and 9 are combined with further plates, not shown in Fig. 1 to constitute a defined space within which the collinear flow of air is established. This defined space functions as a collinear airflow duct. A maximum airflow velocity v_m is obtained halfway between plates 8 and 9, and the airflow velocity profile is symmetrical about this halfway point given by plane 7. The airflow velocity profile is determined by a number of factors. Chiefly, the controlling boundary condition is that the velocity will be zero at the inner surfaces of planes 8 and 9 and will increase towards the halfway point. Furthermore, the dimensions and velocity must be such that the resulting Reynolds number is low enough to allow purely laminar flow.

[0022] Suitable means for injecting and charging inkjet fluid droplets, as well as suitable means for establishing a collinear flow of air, and ensuring that the airflow velocity in the vicinity of the droplets and the droplet velocity are substantially matched, are all well known in the art and will not be further discussed herein. The matching of these velocities may be accomplished by adjusting the droplet velocity, or the regional airflow velocity, or both.

[0023] In the prior art, inkjet nozzles would be positioned such that the droplets travel precisely halfway between plates 8 and 9 in the maximum airflow velocity region given by plane 7, where the curve peaks. Within this small region, the airflow velocity profile is substantially flat and the inkjet fluid droplets are considered stable in their paths. The substantially flat region of the velocity profile occurs where small variations in velocity exist across the drop for nominal positions around the peak, such that for small variations in position of the stream in said

- 8 -

substantially flat region of the velocity profile, insignificant aerodynamic forces are acting upon the drop stream.

[0024] A designer wishing to make a continuous inkjet printer that has more than one row of nozzles is confronted by the fact that a plurality of rows cannot all be in the maximum airflow velocity region of plane 7. If the rows are not in that region, then, because of the airflow velocity profile, they have to be in areas where the airflow velocity actually varies significantly over the dimensions of a single droplet. The droplets would experience a faster airflow speed at their inner surfaces than at their outer surfaces. "Outer surface" is used herein to describe the surface of the inkjet fluid droplet facing away from the region of highest airflow velocity. Conversely, "inner surface" is used herein to describe the surface of the inkjet fluid droplet that faces toward the highest airflow velocity region. By way of example, the outer surfaces of inkjet fluid droplets 4 and 24 face away from plane 7, while the inner surfaces of inkjet fluid droplets 4 and 24 face toward plane 7. This variation in airflow velocity across an inkjet fluid droplet will cause the drops to spin and be subject to lateral forces that may prevent drops from being directed to the gutter or cause misregistration on the printed media.

[0025] The inventors have found that drop-to-drop aerodynamic interactions can be reduced to negligible levels while lateral forces, although present, are such that droplet placement on the print media surface is accurate and well controlled. By ensuring that the two rows of inkjet fluid droplets are at the same distance from plates 8 and 9 respectively, the droplets are emitted into regions of the collinear flow of air where the regional airflow velocities at the droplets are at substantially the same value v_d , which is specifically lower than the maximum airflow velocity v_m .

- 9 -

[0026] In some preferred embodiments of the invention, shown in Fig. 1, the spacing between the plates 8 and 9 is typically in the range of 200 to 400 microns. The acceptable range for the spacing between the plates 8 and 9 is determined by multiple factors. The minimum spacing between the plates 8 and 9 should be sufficiently large to allow the placement of two separated rows of nozzles with a gap, d , between each row and its adjacent plate. The separation between the two rows of nozzles is also chosen to reduce undesirable drop-to-drop interaction effects that may occur in multi-row inkjet arrays. The plates should be spaced closely enough to ensure the development of laminar airflow between plates 8 and 9.

[0027] Whether flow within the duct will be laminar is dependent upon the Reynolds number associated with the system. The Reynolds number is derived from various parameters including the dimensions of the duct, the average velocity, and the viscosity and the density of the air in the duct. The conditions for laminar airflow are typically found with Reynolds numbers below 1000. The length of the plates may be on the order of several centimeters or greater depending on the lengths of the rows of nozzles. The distance d separating the train of droplets from the adjacent plate may vary from a few microns to tens of microns. In this preferred embodiment, the distance d from either row of nozzles to its adjacent plate is 50 microns. The rows of nozzles are separated by $250\mu\text{m}$ to produce a duct with a total gap width of $350\mu\text{m}$. The height of the duct in the direction indicated by the train of droplets 231 to 234 may be on the order of several millimeters.

[0028] In this preferred embodiment, the maximum airflow, V_m , at the centre of the duct is 45 meters per sec. The laminar profile of the airflow will reduce the airflow velocity at planes 6 and 7. In this preferred embodiment, the reduced airflow velocity at planes 6 and 7 is 30 meters

- 10 -

per sec and matches the droplet velocity of the droplets in each row, V_d . Air velocities at the maximum of the laminar flow profile can range from a few tens of meters per sec to over 100 meters per sec, with distance d chosen to match sub-maximal air velocities in the airflow profile at droplet velocities that can typically range from 10 to 50 meters/sec in inkjet printing devices. In this preferred embodiment of a two-row nozzle system, both rows of nozzles are equally spaced and centrally positioned within the duct to ensure that the each row of nozzles emits fluid droplets into airflow regions that have substantially the same airflow velocity. The rows of nozzles need not however be positioned directly above one another but can be staggered as shown in Fig. 1 to double the printing resolution that may be obtained in comparison with a single row of nozzles.

[0029] In a further embodiment of the invention, shown in Fig. 2, inkjet fluid droplets 31, 32, 33, 34, 35 and 36 are moving in the direction of vector v , as indicated by the arrow, within cylindrical surface 37 at a radial distance d from cylinder 38. Air is forced to flow collinearly with the inkjet fluid droplets within the defined space defined by a collinear airflow duct in the form of cylinder 38 in the direction of vector v , as indicated by the arrow. The inkjet fluid droplets are therefore emitted into a region of the collinear flow of air that is defined by a thin cylindrical shell of air, cylindrically symmetric with the cylinder 38 and of radius that is smaller than that of cylinder 38 by an amount d . In this particular case, the six inkjet fluid droplets are chosen to be representative of a potentially different number of droplets moving in exactly the same fashion within the same selected air region where they travel collinearly at substantially the same regional airflow velocity v_d , which is less than the maximum airflow velocity v_m . For the sake of clarity, each train of inkjet fluid droplets is represented by a single droplet in Figure 2, whereas, in fact, each train is comprised of many droplets traveling one behind the other. One of the

- 11 -

trains of inkjet fluid droplets, that of which inkjet fluid droplet 34 is part, is shown to comprise inkjet fluid droplets 41, 42, 43, 44 and 45.

[0030] The airflow velocity profile is described by curve 9 and the air at the center of the cylinder flows at the maximum airflow velocity v_m . The airflow velocity profile is determined by the fact that the velocity will be zero at the inner surface of cylinder 8 and will increase towards the center of the cylinder. The inkjet fluid droplets are therefore traveling in a region that has an airflow velocity distinctly smaller than the maximum airflow velocity.

[0031] In the prior art, this laminar flow configuration could only be employed for use with a single train of inkjet fluid droplets moving precisely down the center of the cylinder in the maximum airflow velocity zone. Within this small region, the prior art considered the velocity profile suitably flat and the inkjet fluid droplets were considered stable in their paths.

[0032] It is clear that, in a more generalized embodiment, the cross-section of the defined space, perpendicular to the collinear flow of air, may have a random two-dimensional shape. There will be a distinct airflow velocity profile. It will always be possible to select regions in which the regional airflow velocity is equal, but lower than the maximum airflow velocity. A plurality of rows of inkjet nozzles may be placed to emit inkjet fluid droplets into the region or regions of equal regional airflow velocity.

[0033] The case of a cylindrical cross-section is merely a very special case in which these regions assume the shape of a cylindrical shell. In the general case of the present invention, the term "outer surface" describes that surface of an inkjet fluid droplet that faces away from the

- 12 -

highest airflow velocity region within the collinear airflow duct. The term "inner surface" describes that surface of an inkjet fluid droplet that faces towards the highest airflow velocity region within the collinear airflow duct. Since the timing of the emission of inkjet fluid droplets into the selected air regions is at the discretion of the designer, it may be selected such as to ensure that a given inkjet fluid droplet will deposit onto the media being printed upon at exactly the desired point at the desired time. This allows an entirely generalized distribution of nozzles to be employed to print the required information with correct registration. In this embodiment of the present invention, the arrangement of nozzles may, in general, be non-linear and non-circular.

[0034] In a further embodiment of the invention, most easily described at the hand of a cylindrical system, two or more regional airflow velocities are selected, and inkjet fluid droplets are emitted into these different regions at velocities substantially matched with the respective regional airflow velocities. In the case of a cylindrically shaped laminar airflow duct, such a system therefore may have a group of two or more concentric regions of regional airflow velocity, with the innermost of these regions having the highest regional airflow velocity and the outermost one having the lowest regional airflow velocity. Since the regional airflow velocities can be measured accurately and the droplet emission speeds adapted, the timing of the emission of the inkjet fluid droplets may be made intentionally different amongst the different regions to compensate for the variation in regional airflow velocity amongst member regions of the group. In this cylindrical embodiment, the nozzles from which the inkjet fluid droplets are emitted will clearly be arranged in concentric circles.

[0035] In a further embodiment of the invention, an airflow duct of non-uniform cross section may be constructed to obtain a regional airflow

- 13 -

velocity that is substantially collinear to the drop trajectory. Although airflow collinear with the intended drop trajectory may be obtained with laminar flow in a duct of fixed cross section across the flow direction, a substantially collinear flow may exist in an airflow duct with changing cross section along the direction of flow. In one particular embodiment, said duct may be formed by two planes as in the rectangular duct of Fig 1, but with planes 8 and 9 being non-parallel and decreasing in separation toward the recording surface. This converging duct may still maintain laminar flow but will have airflow velocity that is increasing in magnitude and may change in direction toward the outlet at the recording surface. Drops are directed into this substantially collinear airflow duct such that on average the relative velocity between the drops and the converging airflow is sufficiently small to reduce aerodynamic interactions to the level where improved drop placement accuracy on the recording surface is obtained.

[0036] In yet another particular embodiment, the duct may be formed by two planes as in the rectangular duct of Fig 1, but with planes 8 and 9 being non-parallel and increasing in separation toward the recording surface. This described diverging duct may still maintain laminar flow but will have airflow velocity that is changing in direction and decreasing in magnitude toward the outlet at the recording surface. Drops are directed into this airflow such that on average the relative velocity between said drops and the converging airflow is sufficiently small as described above.

[0037] The use of multiple regional airflow velocities may be extended to the other configurations described herein. In the case of a laminar airflow duct having a rectangular configuration, the inkjet nozzles might be arranged in a plurality of parallel rows in order to eject their inkjet fluid droplets into the various regional airflow velocity zones. In an embodiment having a laminar airflow duct of more generalized cross-section, the arrangement of the nozzles might be correspondingly

- 14 -

more generalized to ensure that a given subset of nozzles emit their inkjet fluid droplets into a region of substantially matched regional airflow velocity.

[0038] Some embodiments of the invention include multiple groups or rows of nozzles arranged symmetrically or asymmetrically with respect to the laminar profile of the airflow within a duct. In other words, an even number of rows or groups of nozzles may be equally spaced and centrally positioned with respect to the laminar air velocity profile created by a given duct. In such embodiments, the regions of sub-maximal airflow velocity into which the droplets are emitted will be the same on both sides of the laminar profile of the airflow.

[0039] In alternative embodiments, an even or odd set of nozzles may be evenly or unevenly spaced and asymmetrically positioned with respect to the laminar profile created by a given duct. In such embodiments, the regions of sub-maximal airflow into which the droplets are emitted may be different on each side of the laminar profile of the airflow, and may even be confined solely to one side of the laminar profile. Obviously, in all of the above embodiments, the droplet velocity at which any given droplets are emitted from any given nozzle, groups of nozzles or rows of nozzles should be controlled to match the sub-maximal airflow velocity of the respective regions of sub-maximal airflow into which the given droplets are emitted.

[0040] While the different embodiments of the invention described above are based on continuous inkjet systems, the several advantages of the invention apply equally to drop-on-demand inkjet systems, where inkjet fluid droplets are emitted only when they are intended to print onto the media being printed upon. Such systems therefore have no requirement for guttering and all emitted inkjet fluid droplets travel within the collinear

- 15 -

flow of air. Drop-on-demand systems are particularly amenable to implementations in which more than one regional airflow velocity is selected for inkjet fluid droplet injection.

[0041] There have thus been outlined the important features of the invention in order that it may be better understood, and in order that the present contribution to the art may be better appreciated. Those skilled in the art will appreciate that the conception on which this disclosure is based may readily be utilized as a basis for the design of other methods and apparatus for carrying out the several purposes of the invention. It is most important, therefore, that this disclosure be regarded as including such equivalent methods and apparatus as do not depart from the spirit and scope of the invention.

[0042] As will be apparent to those skilled in the art in the light of the foregoing disclosure, many alterations and modifications are possible in the practice of this invention without departing from the spirit or scope thereof. For example:

- the airflow may be provided by gases other than air;
- the air flow may have some minor turbulence which does not unduly affect print quality and still comprise a laminar velocity profile;
- the air flow may also vary in a direction perpendicular to the plane of the figures as would be the case, for example where the airflow is established within a duct having an elliptical cross section.

Accordingly, the scope of the invention is to be construed in accordance with the substance defined by the following claims.

WHAT IS CLAIMED IS:

1. A method for depositing fluid droplets on a surface, the method comprising:
 - a. establishing a flow of air substantially collinear with a trajectory of fluid droplets emitted by each of one or more droplet emitters, the substantially collinear flow of air having a velocity profile characterized by a maximum velocity; and
 - b. emitting at least one fluid droplet into a first region of the collinear flow of air, the first region having a first regional airflow velocity lower than the maximum velocity.
2. A method according to claim 1, comprising substantially matching a velocity at which the at least one fluid droplet is emitted into the first region of the collinear flow of air with the first regional airflow velocity.
3. A method according to claim 1 wherein emitting at least one fluid droplet into the first region of the collinear flow of air comprises emitting fluid droplets from a plurality of nozzles into the first region of the collinear flow of air.
4. A method according to claim 1 wherein emitting at least one fluid droplet into the first region of the collinear flow of air comprises emitting the fluid droplets from a first nozzle into the first region and the method comprises emitting at least one fluid droplet from a second nozzle into a second region of the collinear flow of air, the first and second regions having corresponding first and second regional airflow velocities lower than the maximum airflow velocity.

5. A method according to claim 4 wherein the first and second regional velocities are equal to one another.
6. A method according to claim 5 wherein the first and second regions are on opposed sides of a third region within the collinear flow of air wherein the flow of air has the maximum airflow velocity in the third region.
7. A method according to claim 6 wherein the first and second regions are symmetrically disposed with respect to the third region.
8. A method according to claim 4 wherein the first and second regional velocities are different from one another.
9. A method according to any one of claims 1 to 8 comprising substantially matching a velocity at which the at least one fluid droplet is emitted into the first region of the collinear flow of air with the first regional airflow velocity.
10. A method according to claim 1 wherein emitting at least one fluid droplet into the first region of the collinear flow of air comprises emitting fluid droplets from at least one first row of a plurality of rows of nozzles into the first region and the method comprises emitting fluid droplets from at least one second row of the plurality of rows of nozzles into a second region of the collinear flow of air, the first and second regions having corresponding first and second regional airflow velocities lower than the maximum airflow velocity.
11. A method according to claim 10 comprising substantially matching a velocity at which the fluid droplets are emitted into the first region

of the collinear flow of air from the at least one first row of nozzles with the first regional airflow velocity.

12. A method according to claim 10 comprising substantially matching a velocity at which the fluid droplets are emitted into the second region of the collinear flow of air from the at least one second row of nozzles with the second regional airflow velocity.
13. A method according to claim 1 wherein establishing a flow of air substantially collinear with a trajectory of fluid droplets emitted by each of one or more droplet emitters comprises blowing air past a surface and wherein the first region is between the surface and a location at which the flow of air has the maximum velocity.
14. A method according to claim 13 wherein the surface is a planar surface.
15. A method according to claim 13 wherein the surface is an interior surface of a duct.
16. A method according to claim 15 wherein the interior surface of the duct is cylindrical.
17. A method according to claim 15 wherein the interior surface of the duct is rectangular.
18. A method according to claim 1 wherein establishing a flow of air substantially collinear with a trajectory of fluid droplets emitted by each of one or more droplet emitters comprises blowing air between a pair of opposed planar surfaces.

19. A method according to claim 18 wherein the opposed planar surfaces converge toward one another in a direction of flow of the collinear flow of air.
20. A method according to claim 18 wherein the opposed planar surfaces diverge from one another in a direction of flow of the collinear flow of air.
21. A method according to claim 15 wherein the duct comprises opposing walls that converge toward one another in a direction of flow of the collinear flow of air.
22. A method according to claim 15 wherein the duct comprises opposing walls that diverge from one another in a direction of flow of the collinear flow of air.
23. A method according to any one of claims 1 to 22 wherein the flow of air has a velocity gradient in the first region.
24. A method according to any one of claims 1 to 23 wherein the flow of air is a laminar flow of air.
25. A method according to any one of claims 1 to 23 wherein the flow of air comprises a laminar velocity profile.
26. An apparatus for depositing fluid droplets on a surface, the apparatus comprising:
 - a collinear airflow duct;

means for establishing in the duct a collinear airflow having an airflow velocity profile, the airflow velocity profile having:

- I. a maximum airflow velocity; and
- ii. a first region wherein the airflow has a first regional airflow velocity, the first regional airflow velocity being lower than the maximum airflow velocity; and,

at least one nozzle disposed to emit fluid droplets at a fluid droplet velocity into the first region.

- 27. Apparatus according to claim 26, comprising a systems controller configured to at least substantially match the fluid droplet velocity and the first regional airflow velocity.
- 28. Apparatus according to claim 26 wherein the airflow comprises a plurality of regions each having a regional airflow velocity lower than the maximum airflow velocity, the plurality of regions including at least the first region and a second region having a second regional airflow velocity, the apparatus comprising a plurality of groups of nozzles each of the groups of nozzles associated with a corresponding one of the plurality of regions and having one or more nozzles, each of the nozzles disposed to emit fluid droplets into the corresponding one of the regions at a corresponding fluid droplet velocity.
- 29. Apparatus according to claim 28, comprising one or more systems controllers, the one or more systems controllers configured to match the fluid droplet velocity provided by each of the groups of nozzles with the regional airflow velocity of the corresponding one of the regions.

30. Apparatus according to claim 28 or 29 wherein the first and second regional airflow velocities are equal to one another.
31. Apparatus according to claim 28 or 29 wherein the first and second regional airflow velocities are different from one another.
32. Apparatus according to any one of claims 28 to 30 wherein the groups of nozzles are disposed symmetrically with respect to the velocity profile.
33. Apparatus according to claim 26 wherein the airflow comprises a plurality of regions each having a regional airflow velocity lower than the maximum airflow velocity, the plurality of regions including at least the first region and a second region, the apparatus comprising a plurality of rows of nozzles, each of the plurality of rows of nozzles arranged to emit fluid droplets into a corresponding one of the plurality of regions at a corresponding fluid droplet velocity.
34. Apparatus according to claim 33 comprising one or more systems controllers, the one or more systems controllers configured to match the fluid droplet velocity provided by each of the rows of nozzles with the regional airflow velocity of the corresponding one of the regions.
35. Apparatus according to claim 33 wherein first and second ones of the rows of nozzles emit fluid droplets at corresponding first and second fluid droplet velocities that are not equal to one another.

36. Apparatus according to claim 33 wherein the plurality of regions include regions having at least two different regional airflow velocities.
37. Apparatus according to claim 33 wherein the plurality of rows of nozzles are disposed symmetrically on either side of a maximum in the velocity profile.
38. Apparatus according to any one of claims 26 to 37 wherein the collinear airflow duct comprises a duct having a round cross section.
39. Apparatus according to any one of claims 26 to 37 wherein the collinear airflow duct comprises a rectangular duct.
40. Apparatus according to any one of claims 26 to 37 wherein the collinear airflow duct comprises a pair of spaced-apart plates.
41. Apparatus according claim 40 wherein the spaced-apart plates converge in a direction of the airflow.
42. Apparatus according claim 40 wherein the spaced-apart plates diverge in a direction of the airflow.
43. Apparatus according to any one of claims 26 to 42 wherein the velocity profile comprises a laminar airflow velocity profile.
44. Methods comprising any new useful and inventive step, act, combination of steps and/or acts or subcombination of steps and/or acts described herein.

45. Apparatus comprising any new useful and inventive feature, combination of features or subcombination of features described herein.

Abstract of the Disclosure

A multirow multinozzle continuous inkjet head comprises a plurality of rows of inkjet nozzles ejecting drops in regions of airflow velocity within a collinear flow of air. The airflow velocity at all nozzles is equal, but lower than the highest airflow velocity within the collinear flow of air. This allows many more drop streams to be placed in a velocity-matched airstream. Despite the drops being in regions with air velocity gradients across the drops, the lateral forces are such that droplet placement on the print media surface is accurate and well controlled.

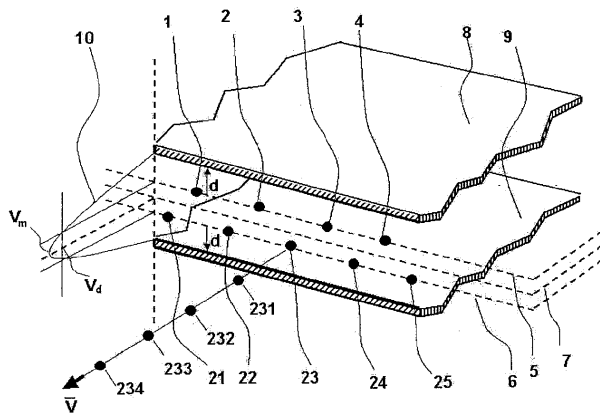


Fig.1

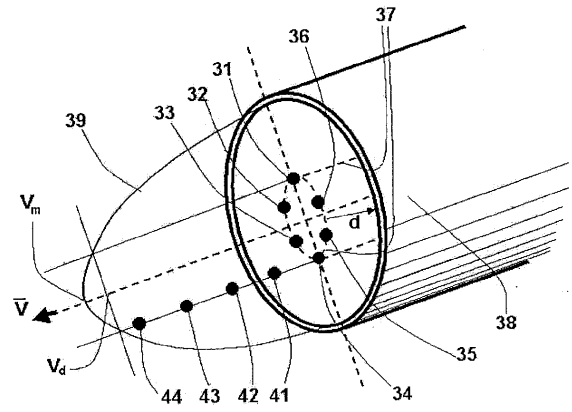


Fig.2