

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7314206号
(P7314206)

(45)発行日 令和5年7月25日(2023.7.25)

(24)登録日 令和5年7月14日(2023.7.14)

(51)国際特許分類	F I
B 4 1 J 2/14 (2006.01)	B 4 1 J 2/14 5 0 1
	B 4 1 J 2/14 6 0 5
	B 4 1 J 2/14 3 0 5
	B 4 1 J 2/14 6 0 3

請求項の数 18 (全25頁)

(21)出願番号	特願2021-104762(P2021-104762)	(73)特許権者	502122794
(22)出願日	令和3年6月24日(2021.6.24)		フジフィルム デイマティックス, イン
(62)分割の表示	特願2017-555323(P2017-555323)		コーポレイテッド
原出願日	平成28年4月13日(2016.4.13)		アメリカ合衆国 ニューハンプシャー 0
(65)公開番号	特開2021-154748(P2021-154748)		3 7 6 6, レパノン, エトナ ロード
	A)	(74)代理人	100073184
(43)公開日	令和3年10月7日(2021.10.7)		弁理士 柳田 征史
審査請求日	令和3年7月26日(2021.7.26)	(72)発明者	クリストフ メンゼル
(31)優先権主張番号	14/695,525		アメリカ合衆国 ニューハンプシャー 0
(32)優先日	平成27年4月24日(2015.4.24)		3 2 5 7, ニュー ロンドン, ノース
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)	(72)発明者	ウッド レーン 5 3
前置審査			ケビン フォン エッセン
			アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 5 0
			5 0 - 2 7 0 4, サンタ クララ, マ
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 低減されたクロストークを有する流体吐出デバイス

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

流体吐出装置であって、
 複数の流体吐出器であって、各流体吐出器は、
 圧送チャンバと、
 前記圧送チャンバの頂部壁を画定する膜と、
 流体を前記圧送チャンバから吐出させるように構成されるとともに、前記膜上に直接
 配置されるアクチュエータと、
 ノズルと、
 を備える、流体吐出器と、
 各圧送チャンバに流体接続される、給送チャンネルと、
 前記給送チャンネルの表面内に形成される、少なくとも1つのコンプライアント構造であ
 って、前記少なくとも1つのコンプライアント構造は、前記給送チャンネルの表面よりコン
 プライアントである、少なくとも1つのコンプライアント構造と、
 を備え、
 前記少なくとも1つのコンプライアント構造は、前記給送チャンネルの表面内に形成され
 る少なくとも1つのダミーノズルを備え、
 各ダミーノズルは、前記表面の内部表面上の第1の開口部と、前記表面の外部表面上の
 第2の開口部とを含み、
 前記複数の流体吐出器のノズルが第1ラインに沿って設けられており、前記給送チャネ

ルが前記第 1 ラインから横方向にオフセットしており、

前記少なくとも 1 つのダミーノズルは、前記給送チャンネル内の流体圧力の増加にตอบสนองして、前記第 2 の開口部に凸面メニスカスが形成されるように構成され、

前記アクチュエータのうちの 1 つの作動は、前記給送チャンネル内の流体圧力の変化を生じさせ、前記少なくとも 1 つのコンプライアント構造は、少なくとも部分的に、前記給送チャンネル内の流体圧力の変化を減衰させるように構成される、流体吐出装置。

【請求項 2】

各アクチュエータが、前記膜上に配置された圧電層を含む、請求項 1 に記載の流体吐出装置。

【請求項 3】

各流体吐出器のノズルは、ノズル層内に形成され、前記ダミーノズルは、前記ノズル層内に形成される、請求項 1 に記載の流体吐出装置。

【請求項 4】

前記ダミーノズルは、前記ノズルと実質的に同一サイズである、請求項 1 に記載の流体吐出装置。

【請求項 5】

各流体吐出器のノズルは、ノズル層内に形成され、前記ノズル層は、前記給送チャンネルの表面を構成する、請求項 1 に記載の流体吐出装置。

【請求項 6】

流体吐出器を製造する方法であって、
 複数のノズルをノズル層内に形成するステップと、
 少なくとも 1 つのコンプライアント構造を前記ノズル層内に形成するステップであって、前記少なくとも 1 つのコンプライアント構造は、前記ノズル層よりコンプライアントである、ステップと、

前記ノズル層を複数の流体吐出器を備える基板に取り付けるステップであって、各流体吐出器は、圧送チャンバと、前記圧送チャンバの頂部壁を画定する膜と、流体を前記圧送チャンバから吐出させるように構成されるとともに、前記膜上に直接配置されるアクチュエータとを備える、ステップと、

を含み、

前記少なくとも 1 つのコンプライアント構造を前記ノズル層内に形成するステップが、前記ノズル層に少なくとも 1 つのダミーノズルを形成することを含み、

各ダミーノズルは、前記ノズル層の内部表面上に第 1 の開口部を画定するとともに、前記ノズル層の外部表面上の第 2 の開口部を画定し、

前記ノズル層を複数の流体吐出器を備える基板に取り付けるステップが、各ポンピングチャンバに流体接続する給送チャンネルを画定し、

前記複数のノズルが第 1 ラインに沿って設けられており、前記給送チャンネルが前記第 1 ラインから横方向にオフセットしており、

前記少なくとも 1 つのダミーノズルは、前記給送チャンネル内の流体圧力の増加にตอบสนองして、前記第 2 の開口部に凸面メニスカスが形成されるように構成され、

前記アクチュエータのうちの 1 つの作動は、前記給送チャンネル内の流体圧力の変化を生じさせ、前記少なくとも 1 つのコンプライアント構造は、少なくとも部分的に、前記給送チャンネル内の流体圧力の変化を減衰させるように構成される、方法。

【請求項 7】

各アクチュエータが、前記膜上に配置された圧電層を含む、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

少なくとも 1 つのコンプライアント構造を前記ノズル層内に形成するステップは、複数の陥凹を前記ノズル層内に形成するステップと、膜を前記陥凹にわたって配置するステップとを含む、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 9】

膜を前記陥凹にわたって配置するステップは、膜層を前記ノズル層の上部表面にわたっ

10

20

30

40

50

て堆積するステップと、各ノズルにわたる前記膜層の一部を除去するステップとを含む、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

複数のノズルを形成するステップは、前記複数のノズルを第 1 の層内に形成するステップを含み、少なくとも 1 つのコンプライアント構造を形成するステップは、前記少なくとも 1 つのコンプライアント構造を第 2 の層内に形成するステップと、前記第 1 の層を前記第 2 の層に取り付けるステップとを含む、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 11】

少なくとも 1 つのコンプライアント構造を前記ノズル層内に形成するステップは、前記少なくとも 1 つのコンプライアント構造を第 1 の層内に形成するステップと、前記第 1 の層をその中に形成される前記複数のノズルを有する第 2 の層に取り付けるステップであって、前記第 1 の層および前記第 2 の層はともに、前記ノズル層を形成する、ステップとを含む、請求項 6 に記載の方法。

10

【請求項 12】

前記給送チャンネルの流体圧力は、流体を前記少なくとも 1 つのダミーノズルから吐出させるに十分なほど高くはない、請求項 1 に記載の流体吐出装置。

【請求項 13】

各流体吐出器は、前記給送チャンネルと、前記流体吐出器の圧送チャンバとを流体接続する入口通路を有する、請求項 1 に記載の流体吐出装置。

【請求項 14】

流体吐出器を操作する方法であって、
複数の流体吐出器を有する流体吐出装置内の流体吐出器を作動させるステップであって、前記流体吐出器の作動は、前記流体吐出器に流体接続される給送チャンネル内の流体圧力の変化を生じさせ、各流体吐出器は、圧送チャンバと、前記圧送チャンバの頂部壁を画定する膜と、流体を前記圧送チャンバから吐出させるように構成されるとともに、前記膜上に直接配置されるアクチュエータと、ノズルとを備える、ステップと、

20

前記流体圧力の変化により、前記給送チャンネル内に形成されたダミーノズルの中に流体のメニスカスを外向きに偏向させるステップと、
を含み、

前記複数の流体吐出器のノズルが第 1 ラインに沿って設けられており、前記給送チャンネルが前記第 1 ラインから横方向にオフセットしており、

30

前記アクチュエータのうちの 1 つの作動は、前記給送チャンネル内の流体圧力の変化を生じさせ、前記少なくとも 1 つのコンプライアント構造は、少なくとも部分的に、前記給送チャンネル内の流体圧力の変化を減衰させるように構成される、方法。

【請求項 15】

前記複数の流体吐出器のいずれかを作動させるステップは、流体を前記ダミーノズルから吐出させない、請求項 14 に記載の方法。

【請求項 16】

各アクチュエータが、前記膜上に配置された圧電層を含む、請求項 14 に記載の方法。

【請求項 17】

前記ダミーノズルの第 1 の開口部のサイズは、前記ダミーノズルの第 2 の開口部より大きい、請求項 1 に記載の流体吐出装置。

40

【請求項 18】

前記ダミーノズルの第 1 の開口部のサイズは、前記ダミーノズルの第 2 の開口部より大きい、請求項 6 に記載の流体吐出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、概して、流体吐出デバイスに関する。

【背景技術】

50

【 0 0 0 2 】

いくつかの流体吐出デバイスでは、流体液滴が、1つまたはそれを上回るノズルから媒体上に吐出される。ノズルは、流体圧送チャンバを含む、流体路に流体接続される。流体圧送チャンバは、流体液滴の吐出を生じさせる、アクチュエータによって作動されることができる。媒体は、流体吐出デバイスに対して移動されることができる。特定のノズルからの流体液滴の吐出は、媒体の移動に伴って計時され、流体液滴を媒体上の所望の場所に留置させる。均一サイズおよび速度の同一方向における流体液滴の吐出は、媒体上への流体液滴の均一堆積を可能にする。

【 発明の概要 】

【 課題を解決するための手段 】

10

【 0 0 0 3 】

流体吐出器のアクチュエータがアクティブ化されると、圧力変動は、圧送チャンバから接続される入口および出口給送チャンネルの中に伝搬し得る。本圧力変動は、同一入口または出口給送チャンネルに接続される他の流体吐出器の中に伝搬し得る。本流体クロストークは、印刷品質に悪影響を及ぼし得る。

【 0 0 0 4 】

圧力変動の伝搬を緩和するために、コンプライアント微小構造が、入口給送チャンネル、出口給送チャンネル、または両方の1つもしくはそれを上回る表面内に形成されることができる。給送チャンネル内のコンプライアント微小構造の存在は、給送チャンネルの表面において利用可能なコンプライアンスを増加させ、その給送チャンネル内で生じる圧力変動を減衰させる。いくつかの実施例では、コンプライアント微小構造は、給送チャンネルの底部表面内に形成される陥凹を含む。膜が、陥凹を被覆し、給送チャンネル内の圧力の増加にตอบสนองして、陥凹の中に偏向し、したがって、圧力変動を減衰させる。いくつかの実施例では、コンプライアント微小構造は、給送チャンネルの底部表面内に形成されるノズル状構造を含む。給送チャンネル内の圧力が増加すると、各ノズル状構造の外向きに面する開口部におけるメニスカスが、圧力変動を減衰させることができる。そのようなコンプライアント微小構造の存在は、したがって、同一入口または出口給送チャンネルに接続される流体吐出器間の流体クロストークを低減させ、したがって、各流体吐出器から吐出される流体の液滴サイズおよび速度を安定化させ、精密かつ正確な印刷を可能にすることができる。

20

【 0 0 0 5 】

一般的側面では、流体吐出装置は、複数の流体吐出器を含む。各流体吐出器は、圧送チャンバと、流体を圧送チャンバから吐出させるように構成される、アクチュエータとを含む。流体吐出装置は、各圧送チャンバに流体接続される、給送チャンネルと、給送チャンネルの表面内に形成される、少なくとも1つのコンプライアント構造とを含む。少なくとも1つのコンプライアント構造は、給送チャンネルの表面より低いコンプライアンスを有する。

30

【 0 0 0 6 】

実施形態は、以下の特徴のうちの1つまたはそれを上回るものを含むことができる。

【 0 0 0 7 】

少なくとも1つのコンプライアント構造は、給送チャンネルの表面内に形成される複数の陥凹と、陥凹にわたって配置される膜とを備える。ある場合には、膜は、陥凹をシールする。ある場合には、各陥凹の深度は、給送チャンネルの表面の厚さ未満である。ある場合には、膜は、給送チャンネル内の流体圧力の増加にตอบสนองして、陥凹の中に偏向するように構成される。ある場合には、陥凹は、給送チャンネルの底部壁または上部壁のうちの1つもしくはそれを上回るもの内に形成される。ある場合には、陥凹は、給送チャンネルの側壁内に形成される。

40

【 0 0 0 8 】

少なくとも1つのコンプライアント構造は、給送チャンネルの表面内に形成される1つまたはそれを上回るダミーノズルを備える。ある場合には、各ダミーノズルは、表面の内部表面上の第1の開口部と、表面の外部表面上の第2の開口部とを含む。ある場合には、凸面メニスカスが、給送チャンネル内の流体圧力の増加にตอบสนองして、第2の開口部に形成され

50

る。ある場合には、各流体吐出器は、ノズル層内に形成されるノズルを含み、ダミーノズルは、ノズル層内に形成される。ある場合には、ダミーノズルは、ノズルと実質的に同一サイズである。

【0009】

各流体吐出器は、ノズル層内に形成されるノズルを含み、ノズル層は、給送チャンネルの表面を構成する。

【0010】

各流体吐出器は、アクチュエータと、ノズルとを含み、アクチュエータのうちの1つの作動は、流体を対応するノズルから吐出させる。ある場合には、アクチュエータのうちの1つの作動は、給送チャンネル内の流体圧力の変化を生じさせ、少なくとも1つのコンプライアント構造は、少なくとも部分的に、給送チャンネル内の流体圧力の変化を減衰させるように構成される。

10

【0011】

一般的側面では、方法は、複数のノズルをノズル層内に形成するステップと、少なくとも1つのコンプライアント構造をノズル層内に形成するステップであって、少なくとも1つのコンプライアント構造は、ノズル層より低いコンプライアンスを有する、ステップと、ノズル層を複数の流体吐出器を備える基板に取り付けるステップであって、各流体吐出器は、圧送チャンバと、流体を圧送チャンバから吐出させるように構成される、アクチュエータとを備える、ステップとを含む。

【0012】

実施形態は、以下の特徴のうちの1つまたはそれを上回るものを含むことができる。

20

【0013】

少なくとも1つのコンプライアント構造をノズル層内に形成するステップは、複数の陥凹をノズル層内に形成するステップと、膜を陥凹にわたって配置するステップとを含む。ある場合には、膜を陥凹にわたって配置するステップは、膜層をノズル層の上部表面にわたって堆積するステップと、各ノズルにわたる膜層の一部を除去するステップとを含む。

【0014】

複数のノズルを形成するステップは、複数のノズルを第1の層内に形成するステップを含み、少なくとも1つのコンプライアント構造を形成するステップは、少なくとも1つのコンプライアント構造を第2の層内に形成するステップと、第1の層を第2の層に取り付けるステップとを含む。

30

【0015】

少なくとも1つのコンプライアント構造をノズル層内に形成するステップは、少なくとも1つのコンプライアント構造を第1の層内に形成するステップと、第1の層をその中に形成される複数のノズルを有する第2の層に取り付けるステップであって、第1の層および第2の層はともに、ノズル層を形成する、ステップとを含む。

【0016】

少なくとも1つのコンプライアント構造をノズル層内に形成するステップは、1つまたはそれを上回るダミーノズルをノズル層内に形成するステップを含む。

【0017】

一般的側面では、方法は、流体吐出装置内の流体吐出器を作動させるステップを含む。流体吐出器の作動は、流体吐出器に流体接続される給送チャンネル内の流体圧力の変化を生じさせる。本方法は、給送チャンネル内の流体圧力の変化にตอบสนองして、膜を給送チャンネルの表面内に形成される陥凹の中に偏向させるステップを含む。

40

【0018】

実施形態は、以下の特徴のうちの1つまたはそれを上回るものを含むことができる。

【0019】

膜を陥凹の中に偏向させるステップは、膜を逆偏向させるステップを含む。

【0020】

本明細書に説明されるアプローチは、以下の利点のうちの1つまたはそれを上回るもの

50

を有することができる。給送チャネルの表面内の陥凹またはダミーノズル等のコンプライアント微小構造の存在は、その給送チャネルに流体接続される流体吐出器間の流体クロストークを緩和することができる。例えば、コンプライアント微小構造は、給送チャネルの表面において利用可能なコンプライアンスを増加させ、したがって、流体吐出器内のアクチュエータの作動によって生じた圧力変動からのエネルギーが減衰されることを可能にすることができる。その結果、その給送チャネルに接続される他の流体吐出器に及ぶ圧力変動の影響は、低減されることができる。印刷ヘッド内の流体吐出器間の流体クロストークを低減させることによって、流体吐出器から吐出される流体の液滴サイズおよび速度は、安定化され、したがって、精密かつ正確な印刷を可能にすることができる。

【0021】

1つまたはそれを上回る実施形態の詳細が、付随の図面および以下の説明に記載される。他の特徴、側面、および利点は、説明、図面、ならびに請求項から明白となるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】図1は、印刷ヘッドの横断面図である。

【図2】図2は、印刷ヘッドの一部の横断面図である。

【図3】図3は、流体吐出器の横断面図である。

【図4A】図4Aは、図2における線B - Bに沿って得られた印刷ヘッドの一部の横断面図である。

【図4B】図4Bは、図2における線C - Cに沿って得られた印刷ヘッドの一部の横断面図である。

【図5A】図5Aは、陥凹を伴う給送チャネルの上面図である。

【図5B】図5Bは、陥凹を伴う給送チャネルの側面図である。

【図6A】図6Aは、陥凹を有する流体吐出器を加工するためのアプローチの略図である。

【図6B】図6Bは、陥凹を有する流体吐出器を加工するためのアプローチの略図である。

【図6C】図6Cは、陥凹を有する流体吐出器を加工するためのアプローチの略図である。

【図6D】図6Dは、陥凹を有する流体吐出器を加工するためのアプローチの略図である。

【図6E】図6Eは、陥凹を有する流体吐出器を加工するためのアプローチの略図である。

【図6F】図6Fは、陥凹を有する流体吐出器を加工するためのアプローチの略図である。

【図7】図7は、フロー図である。

【図8A】図8Aは、陥凹を有する流体吐出器を加工するためのアプローチの略図である。

【図8B】図8Bは、陥凹を有する流体吐出器を加工するためのアプローチの略図である。

【図8C】図8Cは、陥凹を有する流体吐出器を加工するためのアプローチの略図である。

【図8D】図8Dは、陥凹を有する流体吐出器を加工するためのアプローチの略図である。

【図8E】図8Eは、陥凹を有する流体吐出器を加工するためのアプローチの略図である。

【図8F】図8Fは、陥凹を有する流体吐出器を加工するためのアプローチの略図である。

【図9】図9は、フロー図である。

【図10】図10は、側壁コンプライアント微小構造を有する流体吐出器の横断面図である。

【図11】図11は、ダミーノズルを伴う給送チャネルの側面図である。

【図12】図12は、ダミーノズルを有する流体吐出器を加工するためのアプローチの略図である。

【0023】

種々の図面における同一参照番号および記号は、同一要素を示す。

【発明を実施するための形態】

【0024】

図1を参照すると、印刷ヘッド100が、インク、生物学的液体、ポリマー、電子構成要素を形成するための液体、または他のタイプの流体等の流体の液滴を表面上に吐出するために使用されることができる。印刷ヘッド100は、例えば、上側分割器530および下側分割器440によって、流体供給チャンバ432および流体帰還チャンバ436に分

10

20

30

40

50

割される、内部容積を伴う、ケーシング 410 を含む。

【0025】

流体供給チャンバ 432 および流体帰還チャンバ 436 の底部は、インタポーザアセンブリの上部表面によって画定される。インタポーザアセンブリは、接合、摩擦、または別の取付機構等によって、下側印刷ヘッドケーシング 410 に取り付けられることができる。インタポーザアセンブリは、上側インタポーザ 420 と、上側インタポーザ 420 と基板 110 との間に位置付けられる、下側インタポーザ 430 とを含むことができる。

【0026】

上側インタポーザ 420 は、流体供給入口 422 と、流体帰還出口 428 とを含む。例えば、流体供給入口 422 および流体帰還出口 428 は、上側インタポーザ 420 内の開口として形成されることができる。流路 474 は、上側インタポーザ 420、下側インタポーザ 430、および基板 110 内に形成される。流体は、流路 474 に沿って、供給チャンバ 432 から流体供給入口 422 の中に、そして、印刷ヘッド 100 からの吐出のための 1 つまたはそれを上回る流体吐出デバイス（以下により詳細に説明される）に流動することができる。流体はまた、流路 474 に沿って、1 つまたはそれを上回る流体吐出デバイスから流体帰還出口 428 の中に、そして、帰還チャンバ 436 の中に流動することができる。図 1 では、単一流路 474 が、例証目的のために、直線通路として示される。しかしながら、印刷ヘッド 100 は、複数の流路 474 を含むことができ、流路 474 は、必ずしも、直線ではない。

【0027】

図 2 および 3 を参照すると、基板 110 は、シリコン基板等のモノリシック半導体本体であることができる。基板 110 を通る通路は、基板 110 を通る流体のための流路を画定する。特に、基板入口 12 は、流体を供給チャンバ 432 から受容し、膜 66（以下により詳細に議論される）を通して延在し、流体を 1 つまたはそれを上回る入口給送チャンネル 14 に供給する。各入口給送チャンネル 14 は、対応する入口通路（図示せず）を通して、流体を複数の流体吐出器 150 に供給する。便宜上、1 つのみの流体吐出器 150 が、図 2 および 3 に示される。各流体吐出器は、基板 110 の底部表面上に配置されるノズル層 11 内に形成される、ノズル 22 を含む。いくつかの実施例では、ノズル層 11 は、基板 110 の一体部分である。いくつかの実施例では、ノズル層 11 は、基板 110 の表面上に堆積される、層である。流体は、流体吐出器 150 のうちの 1 つまたはそれを上回るもののノズル 22 から選択的に吐出され、表面上に印刷することができる。

【0028】

流体は、各流体吐出器 150 を通して吐出器流路 475 に沿って流動する。吐出器流路 475 は、圧送チャンバ入口通路 17 と、圧送チャンバ 18 と、ディセング 20 と、出口通路 26 とを含むことができる。圧送チャンバ入口通路 17 は、圧送チャンバ 18 を入口給送チャンネル 14 に流体接続し、例えば、アセンダ 16 と、圧送チャンバ入口 15 とを含むことができる。ディセング 20 は、対応するノズル 22 に流体接続される。出口通路 26 は、ディセング 20 を、基板出口（図示せず）を通して帰還チャンバ 436 と流体接続する、出口給送チャンネル 28 に接続する。

【0029】

図 2 および 3 の実施例では、基板入口 12、入口給送チャンネル 14、ならびに出口給送チャンネル 28 等の通路は、共通平面に示される。いくつかの実施例では（例えば、図 3 A および 3 B の実施例では）、基板入口 12、入口給送チャンネル 14、および出口給送チャンネル 28 のうちの 1 つまたはそれを上回るものは、他の通路と共通平面にない。

【0030】

図 4 A および 4 B を参照すると、基板 110 は、その中に形成され、相互に平行に延在する、複数の入口給送チャンネル 14 を含む。各入口給送チャンネル 14 は、入口給送チャンネル 14 に対して垂直に延在する、少なくとも 1 つの基板入口 12 と流体連通する。基板 110 はまた、その中に形成され、相互に平行に延在する、複数の出口給送チャンネル 28 を含む。各出口給送チャンネル 28 は、出口給送チャンネル 28 に対して垂直に延在する、少な

10

20

30

40

50

くとも1つの基板出口(図示せず)と流体連通する。いくつかの実施例では、入口給送チャンネル14および出口給送チャンネル28は、交互行に配列される。

【0031】

基板は、複数の流体吐出器150を含む。流体は、各流体吐出器150を通して、アセンダ16と、圧送チャンバ入口15と、圧送チャンバ18と、ディセンダ20とを含む、対応する吐出器流路475に沿って流動する。各アセンダ16は、入口給送チャンネル14のうちの1つに流体接続される。各アセンダ16もまた、圧送チャンバ入口15を通して、対応する圧送チャンバ18に流体接続される。圧送チャンバ18は、関連付けられたノズル22につながる、対応するディセンダ20に流体接続される。各ディセンダ20はまた、対応する出口通路26を通して、出口給送チャンネル28のうちの1つに接続される。例えば、図3の流体吐出器の断面図が、図4Aの線2-2に沿って得られる。

10

【0032】

本明細書に説明される特定の流路構成は、流路構成の実施例である。本明細書に説明されるアプローチはまた、他の流路構成においても使用されることができる。

【0033】

いくつかの実施例では、印刷ヘッド100は、平行列23に配列される、複数のノズル22を含む。所与の列23内のノズル22は全て、同一入口給送チャンネル14および同一出口給送チャンネル28に流体接続されることができる。すなわち、例えば、所与の列内のアセンダ16は全て、同一入口給送チャンネル14に接続されることができ、所与の列内のディセンダは全て、同一出口給送チャンネル28に接続されることができる。

20

【0034】

いくつかの実施例では、隣接する列内のノズル22は全て、同一入口給送チャンネル14または同一出口給送チャンネル28に流体接続されることができ、両方ではない。例えば、図4Aの実施例では、列23a内の各ノズル22は、入口給送チャンネル14aおよび出口給送チャンネル28aに流体接続される。隣接する列23b内のノズル22もまた、入口給送チャンネル14aに接続されるが、出口給送チャンネル28bに接続されない。いくつかの実施例では、ノズル22の列は、交互パターンにおいて同一入口給送チャンネル14または同一出口給送チャンネル28に接続されることができる。印刷ヘッド100についてのさらなる詳細は、米国特許第7,566,118号に見出されることができ、その内容は、参照することによってその全体として本明細書に組み込まれる。

30

【0035】

再び、図2を参照すると、各流体吐出器150は、圧電変換器または抵抗加熱器等の対応するアクチュエータ30を含む。各流体吐出器150の圧送チャンバ18は、対応するアクチュエータ30に近接近する。各アクチュエータ30は、選択的に作動され、対応する圧送チャンバ18を加圧し、したがって、流体を加圧された圧送チャンバに接続されるノズル22から吐出することができる。

【0036】

いくつかの実施例では、アクチュエータ30は、チタン酸ジルコン酸鉛(PZT)の層等の圧電層31を含むことができる。圧電層31は、約50 μm またはそれ未満、例えば、約1 μm ~約25 μm 、例えば、約2 μm ~約5 μm の厚さを有することができる。図2の実施例では、圧電層31は、連続的である。いくつかの実施例では、圧電層31は、加工の間、例えば、エッチングまたは鋸切断ステップによって、不連続的に作製されることができる。圧電層31は、駆動電極64と接地電極65との間に挟着される。駆動電極64および接地電極65は、銅、金、タングステン、酸化インジウムスズ(ITO)、チタン、白金、または金属の組み合わせ等の金属であることができる。駆動電極64および接地電極65の厚さは、例えば、約2 μm またはそれ未満、例えば、約0.5 μm であることができる。

40

【0037】

膜66が、アクチュエータ30と圧送チャンバ18との間に配置され、接地電極65を圧送チャンバ18内の流体から隔離する。いくつかの実施例では、膜66は、別個の層で

50

ある。いくつかの実施例では、膜は、基板 110 と一体型である。いくつかの実施例では、アクチュエータ 30 は、膜 66 を含まず、接地電極 65 は、圧電層 31 が圧送チャンバ 18 内の流体に直接暴露されるように、圧電層 31 の裏側に形成される。

【0038】

圧電アクチュエータ 30 を作動させるために、電気電圧が、駆動電極 64 と接地電極 65 との間に印加され、電圧を圧電層 31 に印加することができる。印加された電圧は、圧電層 31 を偏向させ、これは、順に、膜 66 を偏向させる。膜 66 の偏向は、圧送チャンバ 18 内の容積の変化を生じさせ、圧力パルス（発射パルスとも称される）を圧送チャンバ 18 内に産生する。圧力パルスは、ディセンダ 20 を通じて対応するノズル 22 に伝搬し、したがって、流体の液滴をノズル 22 から吐出させる。

10

【0039】

膜 66 は、シリコン（例えば、単結晶シリコン）、別の半導体材料の単一層、酸化アルミニウム（ AlO_2 ）または酸化ジルコニウム（ ZrO_2 ）等の酸化物、ガラス、窒化アルミニウム、炭化ケイ素、他のセラミックもしくは金属の 1 つまたはそれを上回る層、絶縁体上のシリコン、もしくは他の材料から形成されることができる。例えば、膜 66 は、アクチュエータ 30 の作動が流体の液滴を吐出させるために十分な膜 66 の撓曲を生じさせるようなコンプライアンスを有する、不活性材料から形成されることができる。いくつかの実施例では、膜 66 は、接着剤層 67 を用いてアクチュエータ 30 に固着されることができる。いくつかの実施例では、基板 110、ノズル層 11、および膜 66 のうちの 2 つまたはそれを上回るものは、一体型本体として形成されることができる。

20

【0040】

ある場合には、流体吐出器 150 のうちの 1 つのアクチュエータ 30 が作動されると、圧力変動が、流体吐出器 150 のアセンダ 16 を通じて入口給送チャンネル 14 の中に伝搬し得る。同様に、圧力変動からのエネルギーもまた、流体吐出器 150 のディセンダ 20 を通じて出口給送チャンネル 28 の中に伝搬し得る。ある場合には、本願は、入口給送チャンネル 14 および出口給送チャンネル 28 を、概して、給送チャンネル 14、28 と称する。圧力変動は、したがって、作動された流体吐出器 150 に接続される、給送チャンネル 14、28 のうちの 1 つまたはそれを上回るもの内に発生し得る。ある場合には、これらの圧力変動は、同一給送チャンネル 14、28 に接続される他の流体吐出器 150 の吐出器流路 475 の中に伝搬し得る。これらの圧力変動は、それらの流体吐出器 150 から吐出される液滴の液滴体積および/または液滴速度に悪影響を及ぼし、印刷品質を劣化させ得る。例えば、液滴体積における変動は、吐出される流体の量を変動させ得、液滴速度における変動は、吐出される液滴が印刷表面上に堆積される場所を変動させ得る。流体吐出器内の圧力変動の誘発は、流体クロストークと称される。

30

【0041】

いくつかの実施例では、流体クロストークは、給送チャンネル 14、28 内の圧力変動の低速消散によって生じ得る。いくつかの実施例では、流体クロストークは、給送チャンネル 14、28 内に発生する定常波によって生じ得る。例えば、流体吐出器 150 のうちの 1 つのアクチュエータ 30 が作動されるとき、給送チャンネル 14、28 の中に伝搬する圧力変動は、定常波の中に発生し得る。流体吐出が定常波を増強する周波数において生じるとき、給送チャンネル 14、28 内の定常波は、圧力発振を同一給送チャンネル 14、28 に接続される他の流体吐出器 150 の吐出器流路 475 の中に伝搬させ、それらの流体吐出器 150 間に流体クロストークを生じさせ得る。

40

【0042】

流体クロストークはまた、給送チャンネル 14、28 を通じて流動する流体内の急変によっても生じ得る。一般に、流動チャンネル内を移動中の流体が、突然、強制停止または方向転換されるとき、圧力波が、流動チャンネル内を伝搬し得る（「水撃」作用とも称される）。例えば、同一給送チャンネル 14、28 に接続される 1 つまたはそれを上回る流体吐出器 150 が、突然オフにされると、水撃作用が、圧力波を流動チャンネル 14、28 の中に伝搬させる。その圧力波はさらに、同一給送チャンネル 14、28 に接続される他の流体吐出

50

器 150 の吐出器流路 475 の中に伝搬し、それらの流体吐出器 150 間に流体クロストークを生じさせ得る。

【0043】

流体クロストークは、より優れたコンプライアンスを流体吐出器内に提供し、圧力変動を減衰させることによって低減されることができ、流体吐出器において利用可能なコンプライアンスを増加させることによって、流体吐出器のうちの1つ内で発生された圧力変動からのエネルギーは、減衰され、したがって、近隣流体吐出器に及ぶ圧力変動の影響を低減させることができる。

【0044】

流体吐出器およびその関連付けられた流体流路内のコンプライアンスは、流体、ノズルにおけるメニスカス、および流体流路（例えば、入口給送チャネル14、圧送チャンバ入口通路17、ディセンダ20、出口通路26、出口給送チャネル28、および他の流体流路）の表面において利用可能である。

給送チャネル内の流体のコンプライアンスは、以下によって与えられる。

【数1】

$$C_{fluid} = \frac{V}{B}$$

【0045】

式中、Vは、給送チャネル内の流体の体積であって、Bは、流体の体積弾性係数である。

単一メニスカスのコンプライアンスは、以下によって与えられる。

【数2】

$$C_{meniscus} = \frac{\pi r^4}{3\sigma}$$

【0046】

式中、rは、メニスカスの半径であって、 σ は、表面張力である。

長方形表面（入口または出口給送チャネルの表面等）のコンプライアンスは、以下によって与えられる（固定端部条件の場合）。

【数3】

$$C_{wall} = \frac{1}{60} \frac{lw^5}{Et_w^3}$$

【0047】

式中、l、w、および t_w は、それぞれ、表面の長さ、幅、ならびに厚さである。入口および出口給送チャネルの各表面は、ある程度のコンプライアンスを有する。いくつかの流体吐出器では、給送チャネルの最もコンプライアントな表面は、シリコンノズル層11によって形成される底部表面である。

【0048】

一具体的実施例では、印刷ヘッドは、16の流体吐出器に供給する、給送チャネル（例えば、入口給送チャネル14または出口給送チャネル28）を有する（故に、給送チャネルと関連付けられた16のメニスカスが存在する）。給送チャネルは、0.39mmの幅、0.27mmの深度、および6mmの長さを有する。シリコンノズル層11の厚さは、30 μ mであって、ノズル層の弾性係数は、1.86E9Paである。各メニスカスの半径は、7 μ mである。水系インクのための典型的体積弾性係数は、約 $B = 2E9Pa$ であって、典型的表面張力は、約0.035N/mである。

【0049】

本実施例に関して、給送チャネル内の流体、16のメニスカス、および給送チャネル内

10

20

30

40

50

のノズル層のコンプライアンスが、表 1 に与えられる。着目すべきこととして、給送チャンネル内のノズル層は、最低コンプライアンスを有する。

【表 1】

	コンプライアンス (m ³ /Pa)
流体	316E-21
メニスカス	1.15E-18
ノズル層	180E-21

【0050】

表 1 . 給送チャンネル内の流体、給送チャンネルによって給送される 16 のノズルのメニスカス、および給送チャンネルのノズル層のコンプライアンス値。

【0051】

流体吐出器 150 およびその関連付けられた流体流路内のコンプライアンスの増加は、流体吐出器 150 間の流体クロストークを緩和することに役立ち得る。利用可能なコンプライアンスを増加させることによって、特定の流体吐出器 150 から近隣流体吐出器 150 への圧力変動の伝搬は、流体吐出器 150 もしくは流体吐出器 150 が接続される入口および/または出口給送チャンネル 14、28 内で減衰され、したがって、他の流体吐出器 150 に及ぶその圧力変動の影響を低減させることができる。例えば、給送チャンネル 14、28 のコンプライアンスが、その給送チャンネル 14、28 に接続される流体吐出器 150 間の流体クロストークを緩和するように増加されることができる。

【0052】

再び、図 3 を参照すると、コンプライアンスが、コンプライアント微小構造 50 を入口給送チャンネル 14 および/または出口給送チャンネル 28 の 1 つもしくはそれを上回る表面上に形成することによって、入口給送チャンネル 14、出口給送チャンネル 28、または両方に追加されることができる。例えば、図 3 の実施例では、コンプライアント微小構造 50 は、入口給送チャンネル 14 の底部表面 52 および出口給送チャンネルの底部表面 54 内に形成される。本実施例では、底部表面 52、54 は、ノズル層 11 によって形成される。給送チャンネル 14、28 内にコンプライアント微小構造 50 によって提供される付加的コンプライアンスは、その給送チャンネル 14、28 に接続される特定の流体吐出器 150 内の圧力変動からのエネルギーを減衰させる。その結果、その同一給送チャンネル 14、28 に接続される他の流体吐出器 150 に及ぶその圧力変動の影響は、低減されることができる。

【0053】

図 5 A および 5 B を参照すると、いくつかの実施形態では、入口給送チャンネル 14 ならびに/または出口給送チャンネル 28 のノズル層 11 内に形成されるコンプライアント微小構造 50 は、薄膜 502 によって被覆される陥凹 500 であることができる。膜 502 は、給送チャンネル 14、28 の中に面するノズル層 11 の内側表面 504 が実質的に平坦であるように、陥凹 500 にわたって配置される。ある場合には、例えば、真空が陥凹 500 内に存在するとき、膜 502 は、陥凹 500 の中に若干偏向されることができる。いくつかの実施例では、陥凹 500 は、入口または出口給送チャンネル 14、28 の底部壁とも称される、ノズル層 11 内に形成されることができる。いくつかの実施例では、陥凹 500 は、底部壁と反対の壁である、入口または出口給送チャンネルの上部壁内に形成されることができる。いくつかの実施例では、陥凹 500 は、上部および底部壁を交差する壁である、入口または出口給送チャンネル 14、28 の 1 つもしくはそれを上回る側壁内に形成されることができる。

【0054】

圧力変動が給送チャンネル 14、28 の中に伝搬すると、膜 502 は、陥凹の中に偏向し、圧力変動を減衰させ、その給送チャンネル 14、28 に接続される近隣流体吐出器 150 間の流体クロストークを緩和されることができる。膜 502 の偏向は、給送チャンネル 14、28 内の流体圧力が低減されると、膜 502 がその元の構成に戻るように、可逆性である。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 5 】

陥凹 5 0 0 は、約 5 0 μ m ~ 約 1 5 0 μ m、例えば、約 1 0 0 μ m の側方寸法（例えば、半径）を有することができる。例えば、陥凹 5 0 0 の側方寸法は、給送チャネル表面の幅の約 1 0 % ~ 約 7 5 %、例えば、給送チャネル表面の幅の約 5 0 % であることができる。陥凹 5 0 0 は、約 5 μ m ~ 約 1 5 μ m、例えば、約 6 - 1 0 μ m の深度を有することができる。陥凹 5 0 0 は、約 1 0 の陥凹 / m m ² ~ 約 5 0 の陥凹 / m m ²、例えば、約 2 0 の陥凹 / m m ² の密度で提供されることができる。図 5 A および 5 B の実施例では、陥凹 5 0 0 は、円形である。いくつかの実施例では、陥凹 5 0 0 は、卵形、楕円形、または他の形状等、他の形状であることができる。例えば、陥凹 5 0 0 は、機械的応力が集中し得る鋭角が存在しないように成形されることができる。陥凹 5 0 0 は、整列されたアレイ、例えば、行および列で位置付けられることができるが、これは、必要ではない。例えば、陥凹 5 0 0 は、無作為に分布されることができる。

10

【 0 0 5 6 】

いくつかの実施例では、膜 5 0 2 は、シリコンから形成されることができる。いくつかの実施例では、膜 5 0 2 は、S i O ₂ 等の酸化物から形成されることができる。いくつかの実施例では、膜 5 0 2 は、金属、例えば、スパッタ金属層から形成されることができる。一般に、膜 5 0 2 は、給送チャネル 1 4、2 8 内の圧力変動にตอบสนองして偏向することが可能であるように十分に薄い。加えて、膜 5 0 2 は、耐久性があるように十分に厚い。膜 5 0 2 の全体的弾性係数は、膜が、動作時、予期される圧力変動下、陥凹 5 0 0 の底部 5 0 6 まで偏向しないであろうように十分であるべきであって、そうでなければ、膜 5 0 2 は、破損または陥凹 5 0 0 の底部 5 0 6 に接合し得る。例えば、膜は、約 0 . 5 μ m ~ 約 5 μ m、例えば、約 1 μ m、約 2 μ m、または約 3 μ m の厚さを有することができる。

20

【 0 0 5 7 】

各給送チャネル 1 4、2 8 内の複数の陥凹 5 0 0 の存在は、1 つまたはそれを上回る膜 5 0 2 が故障する場合でも（例えば、破損または陥凹 5 0 0 の底部 5 0 6 への接合によって）、給送チャネル 1 4、2 8 内のノズル層 1 1 のコンプライアンスが低減され得ることを確実にすることに役立ち得る。

【 0 0 5 8 】

膜 5 0 2 は、陥凹 5 0 0 を液体（例えば、インク）およびガス（例えば、空気）等の流体に対してシールすることができる。いくつかの実施例では、陥凹 5 0 0 は、加工の間、通気され、次いで、所望の圧力、例えば、大気圧（a t m）、1 / 2 a t m、または別の圧力が陥凹内に達成されるようにシールされる。いくつかの実施例では、陥凹 5 0 0 は、陥凹内に真空が存在するように通気されない。陥凹 5 0 0 内の真空の存在は、膜 5 0 2 にかかる応力を増加させることができ、陥凹 5 0 0 によって提供される追加コンプライアンスを低減させることができる。

30

4 8 の陥凹を含む、給送チャネル内のノズル層 1 1 のコンプライアンスは、以下によって計算されることができる。

【 数 4 】

$$C = N \frac{\pi a^2}{192D}$$

40

式中、N は、陥凹の数であって、a は、各陥凹の半径である。D は、以下によって与えられる。

【 数 5 】

$$D = \frac{E t_m^3}{12(1 - \nu^2)}$$

【 0 0 5 9 】

式中、E は、膜の弾性係数であって、t_m は、膜の厚さであって、ν は、膜のポアソン比

50

である。

膜の中心偏向は、以下によって計算されることができる。

【数 6】

$$y_c = -\frac{qa^4}{64D}$$

【0060】

式中、qは、膜の設計圧力負荷である。本中心偏向式は、偏向が小さい場合、例えば、膜の厚さの最大約5%の偏向のために適用される。いくつかの実施例では、より大きな偏向は、本式から逸脱し得る。例えば、2μm厚の例示的膜502は、3.2μm偏向し、本式によって予測されるものより3.5倍剛性である。

10

膜502内の引張応力は、以下によって計算されることができる。

【数 7】

$$\sigma = 0.75q\left(\frac{a}{t}\right)^4$$

【0061】

一具体的実施例では、100μm半径の48の陥凹が、上記に与えられる寸法および弾性係数を有するように、給送チャンネル14、28内のノズル層11に形成される。陥凹を被覆する膜502は、SiO₂熱酸化物から形成され、2.0μmの厚さ、75E9Paの弾性係数、および0.17のポアソン比を有する。陥凹500は、通気されない。設計圧力負荷qは、150000Paに設定され、陥凹内の真空のための1atmおよび給送チャンネルのパージ圧力のための0.5atmを考慮する。

20

【0062】

本実施例に関して、ノズル層11のコンプライアンス、膜502の中心偏向、および膜502内の張力応力が、表2の第1の列に与えられる。着目すべきこととして、48の陥凹の存在は、ノズル層のコンプライアンスを陥凹を伴わないノズル層（上記および表1において議論される）と比較して約9倍増加させた。

【表 2】

30

	コンプライアント膜	標準的膜
コンプライアンス C	15.3E-18 m ³ /Pa	6.1E-18 m ³ /Pa
中心偏向 y _c	-4.6 μm	-2.5 μm
引張応力 σ	281E6 Pa	264E6 Pa

【0063】

表2. 給送チャンネル内のノズル層のコンプライアンス、膜の中心偏向、および膜内の引張応力。

【0064】

40

ある場合には、膜502は、圧縮応力下で堆積され、これは、表2に与えられたものを超えて中心偏向y_cを増加させることができる。例えば、膜502の中心偏向は、膜の厚さの半分を上回ることができる。これらの状況では、膜の剛度は、増加され、所与の負荷に関する応力は、より少なくなる（Roark's Formulas for Stress and Strain（第7版）の第11.11節により詳細に説明されており、その内容は、参照することによってその全体として本明細書に組み込まれる）。例えば、上記に与えられた実施例では、膜の中心偏向は、膜の厚さの2.3倍である。したがって、膜の剛度は、2.5倍増加される。本増加剛度を考慮したコンプライアンス、中心偏向、および引張応力は、表2の第2の列に与えられる。陥凹を伴うノズル層のコンプライアンスは、陥凹を伴わないノズル層と比較してさらに3.5倍増加される。

50

【 0 0 6 5 】

これらの計算は、ノズル層 1 1 内の陥凹 5 0 0 の存在がノズル層 1 1 のコンプライアンスを有意に増加させることができることを示す。そのような陥凹 5 0 0 を有する、ノズル層 1 1 は、したがって、給送チャネル 1 4、2 8 内の圧力変動を平坦ノズル層 1 1 より効果的に減衰させ、その給送チャネル 1 4、2 8 に接続される流体吐出器 1 5 0 間の流体クロストークを緩和させることができる。

【 0 0 6 6 】

図 6 A - 6 F は、ノズル層 1 1 内に形成される陥凹 5 0 0 を有する流体吐出器 1 5 0 を加工するための 1 つのアプローチを示す。図 6 A および 7 を参照すると、ノズルウエハ 6 0 (例えば、シリコンウエハ) は、ノズル層 1 1 (例えば、シリコンノズル層) と、エッチング停止層 6 2 (例えば、 SiO_2 または Si_3N_4 等の酸化物もしくは窒化物エッチング停止層) と、ハンドル層 6 4 (例えば、シリコンハンドル層) とを含む。いくつかの実施例では、ノズルウエハ 6 0 は、エッチング停止層 6 2 を含まない。いくつかの実施例では、ノズルウエハ 8 0 は、絶縁体上のシリコン (SOI) ウエハであって、SOI ウエハの絶縁体層は、エッチング停止層 8 4 として作用する。

【 0 0 6 7 】

ノズル 2 2 を提供するのである。開口部は、例えば、リソグラフィおよびエッチングを含む、標準的微小加工技法を使用して、ノズル層 1 1 を通して形成される (7 0 0)。

【 0 0 6 8 】

ノズル層 1 1 を通して、全体的にではなく、部分的に延在する、陥凹 5 0 0 もまた、例えば、リソグラフィおよびエッチングを含む、標準的微小加工技法を使用して、形成される (7 0 2)。例えば、レジストの第 1 の層が、パターン化されていないノズル層 1 1 上に堆積され、リソグラフィでパターン化されることができる。ノズル層 1 1 は、例えば、ディープ反応性イオンエッチング (DRIE) を用いてエッチングされ、ノズル 2 2 を形成することができる。レジストの第 1 の層は、剥離されることができ、レジストの第 2 の層が、次いで、ノズル層 1 1 上に堆積され、リソグラフィでパターン化されることができる。ノズル層 1 1 は、例えば、湿式エッチングまたは乾式エッチングを使用して、パターン化されたレジストに従ってエッチングされ、陥凹 5 0 0 を形成することができる。

【 0 0 6 9 】

図 6 B および 7 を参照すると、ハンドル層 6 9 と、膜 5 0 2 を提供するのである。膜層 7 0 とを有する、第 2 のウエハ 6 8 が、ノズルウエハ 6 0 に接合される。特に、膜層 7 0 は、例えば、熱接合または別のウエハ接合技法を使用して、ノズルウエハ 6 0 のノズル層 1 1 に接合される (7 0 4)。層膜 7 0 は、酸化物 (例えば、 SiO_2 熱酸化物) であることができる。

【 0 0 7 0 】

図 6 C および 7 を参照すると、ハンドル層 6 9 は、例えば、研削ならびに研磨、湿式エッチング、プラズマエッチング、または別の除去プロセスによって除去され、膜層 7 0 を残す (7 0 6)。図 6 D および 7 を参照すると、膜層 7 0 は、例えば、リソグラフィならびにエッチングを含む、標準的微小加工技法を使用して、マスクおよびエッチングされ、ノズル 2 2 を暴露させる (7 0 8)。残っている膜層 7 0 の部分は、陥凹 5 0 0 にわたる膜 5 0 2 を形成する。

【 0 0 7 1 】

その中に形成されるノズル 2 2 および陥凹 5 0 0 とを有する、パターン化されたノズルウエハ 6 0 は、例えば、米国特許第 7, 566, 118 (その内容は、参照することによってその全体として本明細書に組み込まれる) に説明されるようにさらに処理され、印刷ヘッド 1 0 0 の流体吐出器 1 5 0 を形成することができる。図 6 E および 7 を参照すると、いくつかの実施例では、パターン化されたノズルウエハ 6 0 の上部面 7 4 は、ディセンダ 2 0 および他の流路 (図示せず) 等の流路を有する、流路ウエハ 7 6、アクチュエータ (図示せず)、およびその中に形成される他の要素に接合されることができる (7 1 0)。例えば、ノズルウエハ 6 0 の上部面 7 4 は、エポキシ (例えば、ベンゾシクロブテン (

10

20

30

40

50

B C B)) を用いた接合等の低温接合を使用して、または低温プラズマアクティブ化接合を使用して、流路ウエハ 7 6 に接合されることができる。

【 0 0 7 2 】

図 6 F および 7 を参照すると、ハンドル層 6 4 は、次いで、例えば、研削ならびに研磨、湿式エッチング、プラズマエッチング、または別の除去プロセスによって、除去されることができる (7 1 2) 。エッチング停止層 6 2 は、存在する場合、除去されるか (図 6 F に示されるように) 、または、例えば、リソグラフィおよびエッチングを含む、標準的微小加工技法を使用して、マスクならびにエッチングされ、ノズルを暴露させるかのいずれかとなる (7 1 4) 。

【 0 0 7 3 】

いくつかの実施例では、厚いノズルウエハ 6 0 が、使用されることができる (例えば、 $30\ \mu\text{m}$ 、 $50\ \mu\text{m}$ 、または $100\ \mu\text{m}$ 厚) 。厚いノズルウエハの使用は、ノズル加工プロセスがノズルウエハが脆弱になるまでノズルウエハを薄化するであろうリスクを最小限にする。

【 0 0 7 4 】

図 8 A - 8 D は、ノズル層内に陥凹 5 0 0 を有する流体吐出器 1 5 0 を加工するための別のアプローチを示す。図 8 A および 9 を参照すると、ノズルウエハ 8 0 (例えば、シリコンウエハ) は、ノズルサブ層 8 2 (例えば、シリコンノズルサブ層) と、エッチング停止層 8 4 (例えば、 SiO_2 または Si_3N_4 等の酸化物もしくは窒化物エッチング停止層) と、ハンドル層 8 6 (例えば、シリコンハンドル層) とを含む。いくつかの実施例では、ノズルウエハ 8 0 は、エッチング停止層 8 4 を含まない。いくつかの実施例では、ノズルウエハ 8 0 は、絶縁体上のシリコン (S O I) ウエハであって、S O I ウエハの絶縁体層は、エッチング停止層 8 4 として作用する。

【 0 0 7 5 】

ノズル 2 2 を提供するであろう、開口部が、例えば、リソグラフィおよびエッチングを含む、標準的微小加工技法を使用して、ノズルサブ層 8 2 を通して形成される (9 0 0) 。

【 0 0 7 6 】

図 8 B および 9 を参照すると、第 2 のウエハ 8 6 は、上部層 8 8 と、エッチング停止層 9 0 (例えば、 SiO_2 または Si_3N_4 等の酸化物もしくは窒化物エッチング停止層) と、シリコン 9 2 のハンドル層とを含む。上部層 8 8 は、ノズルサブ層 8 2 と同一材料 (例えば、シリコン) から形成されることができる。陥凹 5 0 0 は、例えば、リソグラフィおよびエッチングを含む、標準的微小加工技法を使用して、例えば、S O I ウエハ 8 6 の上部層 8 8 を通してエッチングされる (9 0 2) 。いくつかの実施例では、第 2 のウエハ 8 6 は、S O I ウエハであって、S O I ウエハの絶縁体層は、エッチング停止層 9 0 として作用する。

【 0 0 7 7 】

図 8 C および 9 を参照すると、S O I ウエハ 8 6 は、S O I ウエハ 8 6 の上部層 8 8 がノズルウエハ 8 0 のノズルサブ層 8 2 と接触するように、例えば、熱接合または別のウエハ接合技法を使用して、ノズルウエハ 8 0 に接合される (9 0 4) 。陥凹 5 0 0 およびノズル 2 2 は、例えば、S O I ウエハ 8 6 ならびにノズルウエハ 8 0 上に加工される接合整合標的 (図示せず) を利用することによって、整合される。例えば、整合標的は、S O I ウエハ 8 6 とノズルウエハ 8 0 との間の不整合の量を示すために、バーニヤ等の整合インジケータを含むことができる。いくつかの実施例では、S O I ウエハ 8 6 およびノズルウエハ 8 0 は、シリコンウエハを通して整合標的を視認するため等の赤外線カメラ等のカメラを利用する、整合ツールと整合される。

【 0 0 7 8 】

図 8 D および 9 を参照すると、S O I ウエハ 8 6 のハンドル層 9 2 は、例えば、研削ならびに研磨、湿式エッチング、プラズマエッチング、または別の除去プロセスによって、除去される (9 0 6) 。図 8 E および 9 を参照すると、絶縁体層 9 0 ならびに上部層 8 8 は、例えば、リソグラフィおよびエッチングを含む、標準的微小加工技法を使用して、マ

10

20

30

40

50

スクならびにエッチングされ、ノズル 22 を暴露させる (908)。残っている絶縁体層 88 は、陥凹 500 にわたる膜 502 を形成する。

【 0079 】

図 8A - 8E のアプローチでは、ノズルサブ層 82 および上部層 88 はともに、ノズル層 11 を形成する。パターン化されたノズルウエハ 80 は、例えば、図 6E および 6F に示されるように、かつ米国特許第 7,566,118 号 (その内容は、参照することによってその全体として本明細書に組み込まれる) に説明されるように、印刷ヘッドの流体吐出器 150 を形成するようにさらに処理されることができる (910)。

【 0080 】

図 8F を参照すると、いくつかの実施例では、陥凹 500 は、陥凹内の空気が大気圧にあるように通気されることができる。通気された陥凹を加工するために、直線ボア通気口 95 が、ノズルウエハ 80 と S O I ウエハ 86 の接合に先立って、ノズルウエハ 80 のノズルサブ層 82 の中にエッチングされる。通気口 95 は、ノズルサブ層 82 の厚さを通してエッチング停止層 84 までエッチングされる。直線ボア通気口 95 は、ノズルウエハ 80 が S O I ウエハ 86 と接合されると、通気口 95 が陥凹 500 と整合するであろうように位置付けられる。ノズル 22 が、ハンドル層 86 およびエッチング停止層 84 の除去によって開放されると、通気口 95 は、大気に開放し、したがって、陥凹 500 の内部空間を通気するであろう。

10

【 0081 】

図 10 を参照すると、いくつかの実施例では、コンプライアント微小構造が、入口給送チャネル 14 および / または出口給送チャネル 28 の側壁 172、174 に追加されることができる。例えば、1つまたはそれを上回る陥凹スロット 170 が、側壁 172、174 の一方もしくは両方に隣接して形成され、側壁膜 176 を陥凹スロット 170 と給送チャネル 28 の内部との間に残すことができる。側壁膜 176 は、圧力変動に応答して、陥凹スロット 170 の中に偏向し、給送チャネル 14、28 内の圧力を減衰させることができる。いくつかの実施例では、陥凹スロット 170 は、基板 110 へのノズル層 11 の接合に先立って、基板 110 の D R I E 垂直エッチングによって形成されることができる。いくつかの実施例では、陥凹スロット 170 は、外向きにテーパ状であるように、異方性エッチングまたは D R I E エッチングを使用して形成されることができ、エッチングは、側壁 172、174 上に成長された熱酸化物等のエッチング停止層によって停止される。

20

【 0082 】

図 11 を参照すると、いくつかの実施形態では、入口給送チャネル 14 および / または出口給送チャネル 28 のノズル層 11 内に形成される、コンプライアント微小構造 50 (図 3) は、ノズル状構造 120 であることができ、これは、本願では、ダミーノズル 120 とも称される。(明確にするために、流体吐出器 150 のノズル 22 は、発射ノズルとも称される。) ダミーノズル 120 は、給送チャネル 14、28 内に位置し、直接、任意の個々の流体吐出器 150 に接続されない、またはそれと関連付けられず、対応するアクチュエータを有していない。給送チャネル 14、28 内の流体圧力は、概して、通常動作の間、流体をダミーノズル 120 から吐出させるために十分に高くない。例えば、流体吐出器 150 は、数気圧 (例えば、約 1 ~ 10 a t m) の吐出圧力において動作することができ、吐出のための閾値圧力は、動作圧力の約半分であり得る。

30

40

【 0083 】

ダミーノズル 120 は、ノズル層 11 の全厚を通して延在し、ノズル層 11 のコンプライアンスを増加させる、自由表面を提供する。各ダミーノズル 120 は、ノズル層 11 の内部表面 124 上の内向きに面した開口部 122 と、ノズル層 11 の外部表面 128 (例えば、印刷表面に向かって面する表面) 上の外向きに面した開口部 126 とを含む。流体のメニスカス 130 が、各ダミーノズル 120 の外向きに面した開口部 126 に形成される (図 11 では、1つのみのダミーノズル 120 に関して示される)。いくつかの実施例では、給送チャネル 14、28 は、圧力変動の不在下、メニスカス 130 が開口部 126 から内向きに引き込まれるように (例えば、凹面メニスカス)、負に加圧される。圧力変

50

動が、給送チャンネル 14、28 の中に伝搬すると、メニスカス 130 は、膨隆し（例えば、凸面メニスカス）、圧力変動を減衰させ、その給送チャンネル 14、28 に接続される近隣流体吐出器 150 間の流体クロストークを緩和させる。

【0084】

いくつかの実施例では、ダミーノズル 120 は、発射ノズル 22 とサイズおよび/または形状が類似する。例えば、ダミーノズル 120 は、一定直径の略円筒形経路であることができ、内向きに面した開口部 122 および外向きに面した開口部 126 は、同一寸法を有する。ダミーノズル 120 は、より大きい内向きに面した開口部 122 からより小さい外向きに面した開口部 126 へと延在するテーパ状の円錐形状の経路であることもできる。ダミーノズル 120 は、より大きい内向きに面した開口部 122 からより小さい外向きに面した開口部 126 へと延在する二次曲線形状経路を含むこともできる。ダミーノズル 120 は、外向きに面した開口部 126 に向かって徐々により小さくなる直径の複数の円筒形領域を含むこともできる。

10

【0085】

ダミーノズル 120 が発射ノズル 22 とサイズが類似するとき、ダミーノズル 120 および発射ノズル 22 の気泡圧力もまた、類似する。しかしながら、流体圧力は、概して、給送チャンネル 14、28 内では、流体吐出器 150 内より低いため、流体は、ダミーノズル 120 を通して偶発的放出を生じさせずに、発射ノズル 22 から吐出されることができる。いくつかの実施例では、ダミーノズル 120 は、発射ノズル 22 と異なるサイズを有することができる。

20

【0086】

いくつかの実施例では、ダミーノズル 120 の厚さ（例えば、ノズル層 11 の厚さ）と外向きに面した開口部 128 の直径の比率は、約 0.5 またはそれを上回る、例えば、約 1 ~ 4、もしくは約 1 ~ 2 であることができる。例えば、外向きに面した開口部 128 の半径は、約 5 μm ~ 約 80 μm 、例えば、約 10 μm ~ 約 50 μm であることができる。テーパ形状に関して、ダミーノズル 120 の円錐形状の経路の円錐角は、例えば、約 5° ~ 約 45° であることができる。一般に、ダミーノズル 120 は、発射ノズル 22 に詰まること可能な大きな汚染物質粒子がダミーノズル 120 を通して給送チャンネル 14、28 に進入することができないように十分に小さい。

【0087】

いくつかの実施例では、印刷ヘッド 100 は、高流体圧力でパージされ、例えば、流体流路を清掃することができる。パージの間の高流体圧力は、流体をダミーノズル 120 から吐出させ得る。そのようなパージの間のダミーノズル 120 を通した流体損失を低減させるために、少数のダミーノズル 120 が、各給送チャンネル 14、28 内に形成されることができる。例えば、1 ~ 20 のダミーノズル 120、例えば、発射ノズルあたり約 1、2、または 4 つのダミーノズルが、各給送チャンネル 14、28 内に形成されることができる。いくつかの実施例では、ダミーノズル 120 は、殆どまたは全く流体がダミーノズル 120 を通して損失されないように、パージの間、キャップされることができる。

30

【0088】

図 12 は、ノズル層 11 内に形成されるダミーノズル 120 を有する、流体吐出器 150 を加工するための例示的アプローチを示す。ノズルウエハ 140 は、ノズル層 11 と、エッチング停止層 142（例えば、 SiO_2 または Si_3N_4 等の酸化物もしくは窒化物エッチング停止層）と、ハンドル層 124（例えば、シリコンハンドル層）とを含む。いくつかの実施例では、ノズルウエハ 120 は、エッチング停止層 122 を含まない。

40

【0089】

発射ノズルおよびダミーノズル 120 は、例えば、リソグラフィならびにエッチングを含む、標準的微小加工技法を使用して、ノズル層 11 を通して形成される。いくつかの実装では、発射ノズル 22 およびダミーノズル 120 は、例えば、同一エッチングステップを使用して、同時に、ノズル層 11 内に形成される。

【0090】

50

発射ノズル 2 2 およびダミーノズル 1 2 0 の形成後、加工は、実質的に、図 6 B - 6 F に関して図示ならびに説明されるように進められることができるが、ダミーノズル 1 2 0 は、陥凹 5 0 0 に取って代わる。

【 0 0 9 1 】

ダミーノズル 1 2 0 は、発射ノズル 2 2 を形成するために生じるであろう処理ステップの間に形成されるため、ダミーノズル 1 2 0 を形成することと関連付けられるコストの影響は、殆ど存在しない。示される実施例では、発射ノズル 2 2 およびダミーノズル 1 2 0 は、同一サイズである。いくつかの実施例では、発射ノズル 2 2 およびダミーノズル 1 2 0 は、異なるサイズを有することができる。

【 0 0 9 2 】

特定の実施形態が、説明された。他の実施形態も、以下の請求項の範囲内である。

【符号の説明】

【 0 0 9 3 】

1 0 0	印刷ヘッド	
1 1 0	基板	
4 1 0	ケーシング	
4 2 0	上側インタポーザ	
4 2 2	流体供給入口	
4 2 8	流体帰還出口	
4 3 0	下側インタポーザ	20
4 3 2	流体供給チャンバ	
4 3 6	流体帰還チャンバ	
4 4 0	下側分割器	
4 7 4	流路	
5 3 0	上側分割器	

10

20

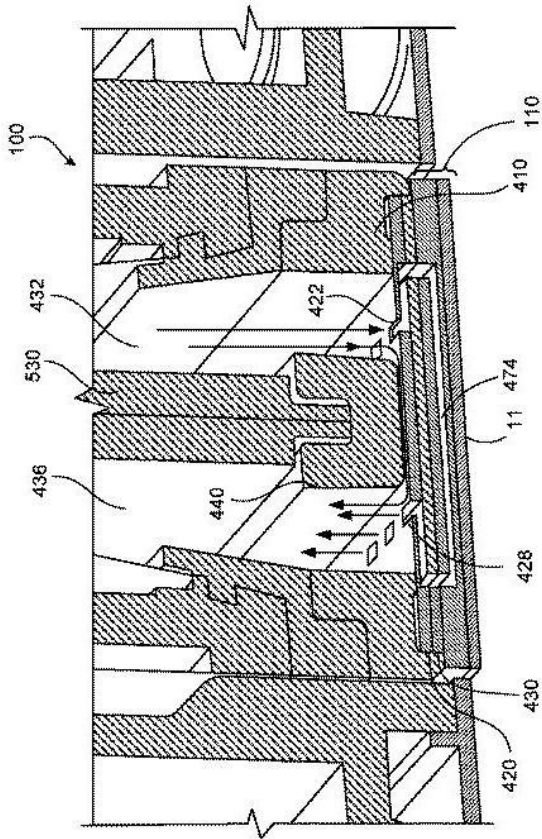
30

40

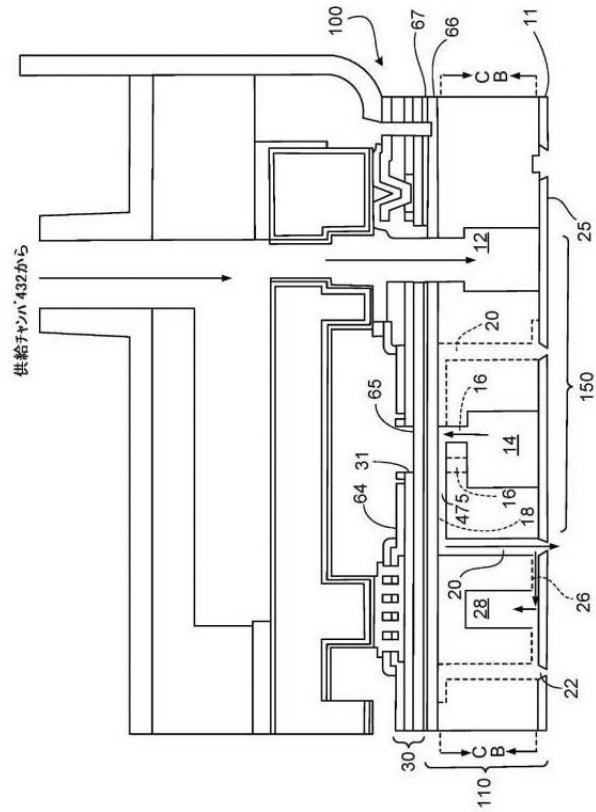
50

【図面】

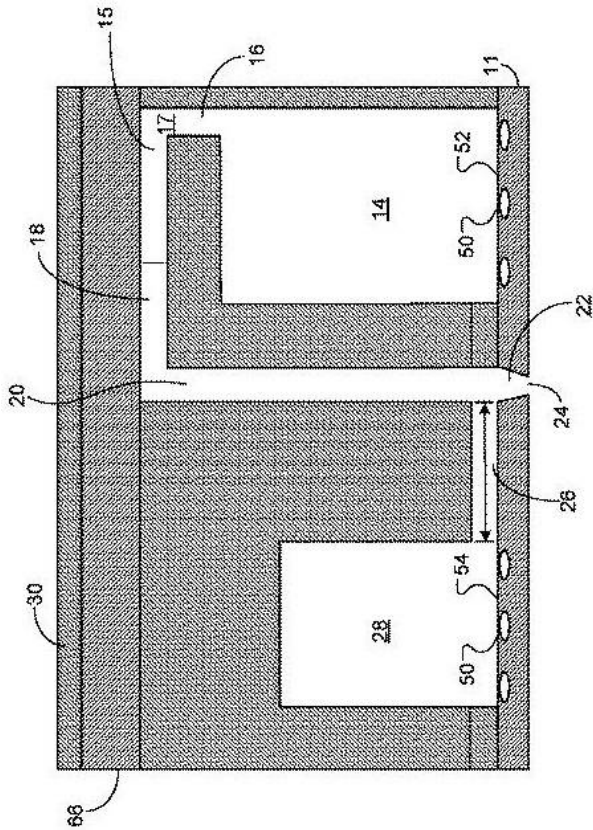
【図 1】



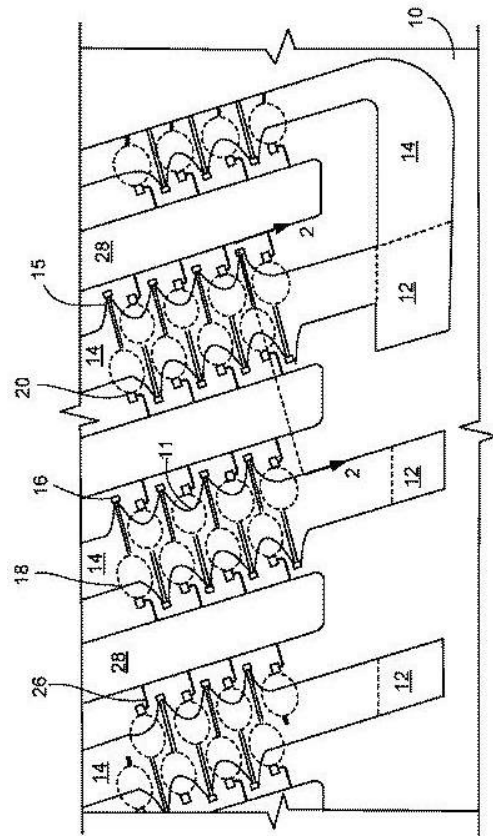
【図 2】



【図 3】



【図 4 A】



10

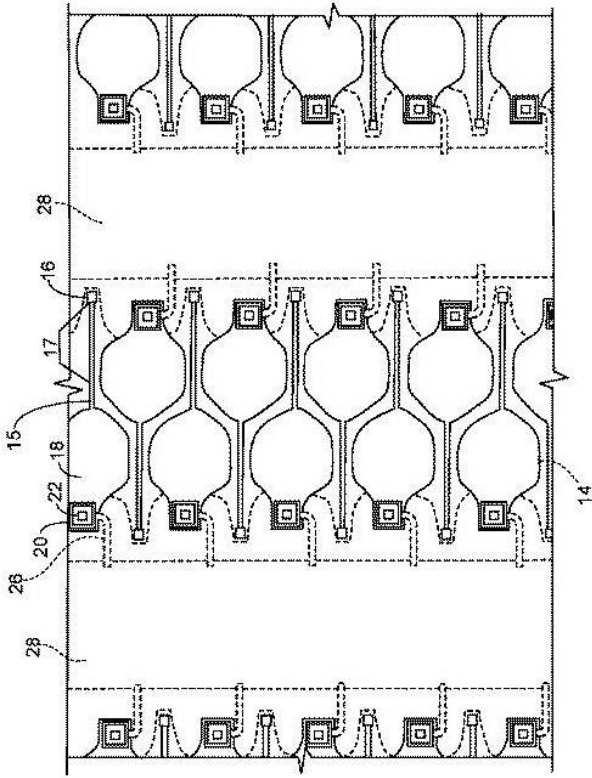
20

30

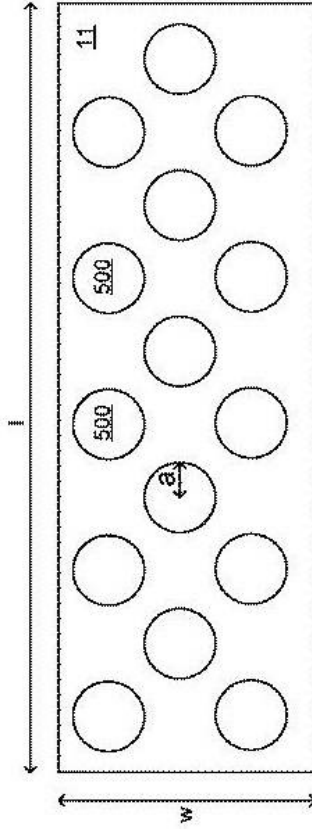
40

50

【 4 B 】



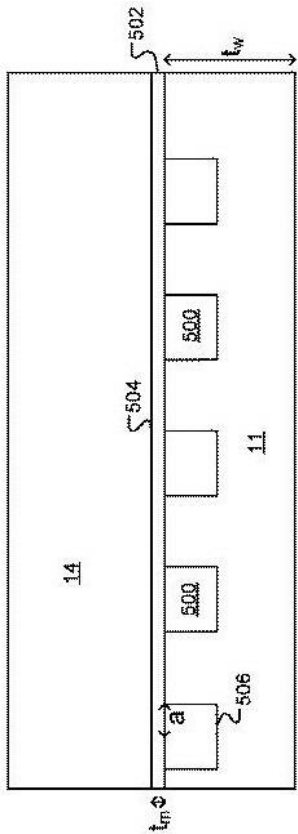
【 5 A 】



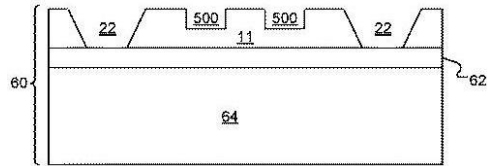
10

20

【 5 B 】



【 6 A 】

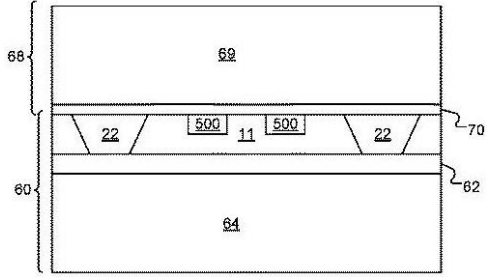


30

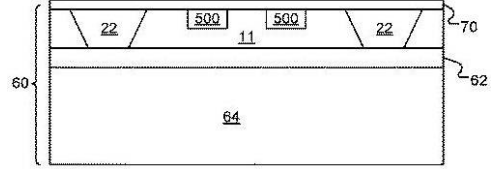
40

50

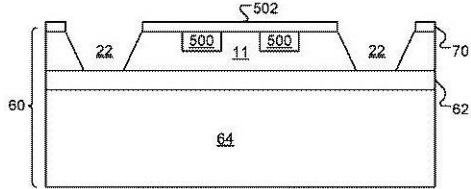
【図 6 B】



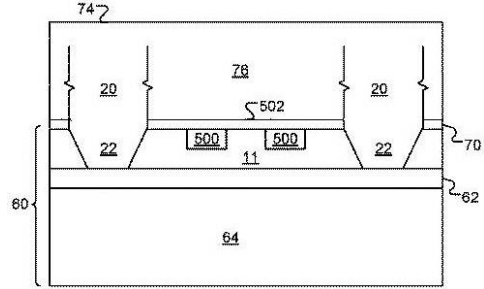
【図 6 C】



【図 6 D】



【図 6 E】



10

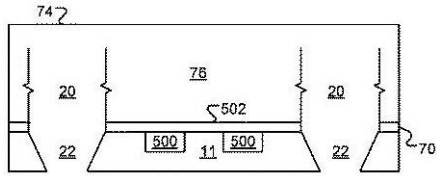
20

30

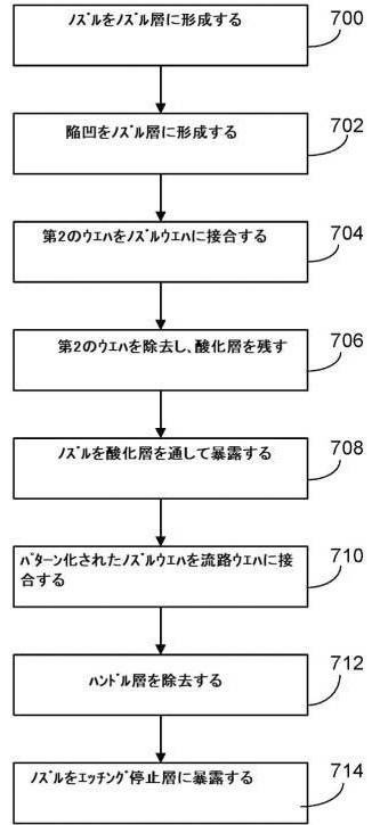
40

50

【図 6 F】



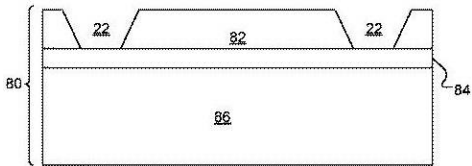
【図 7】



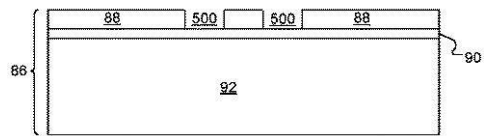
10

20

【図 8 A】



【図 8 B】

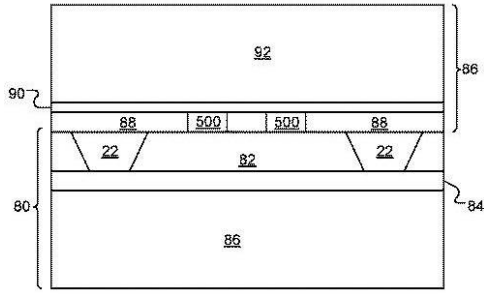


30

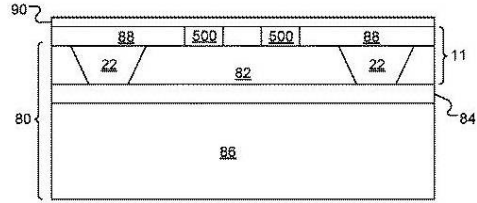
40

50

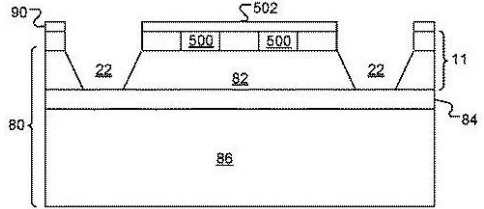
【図 8 C】



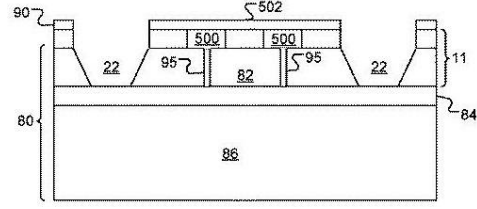
【図 8 D】



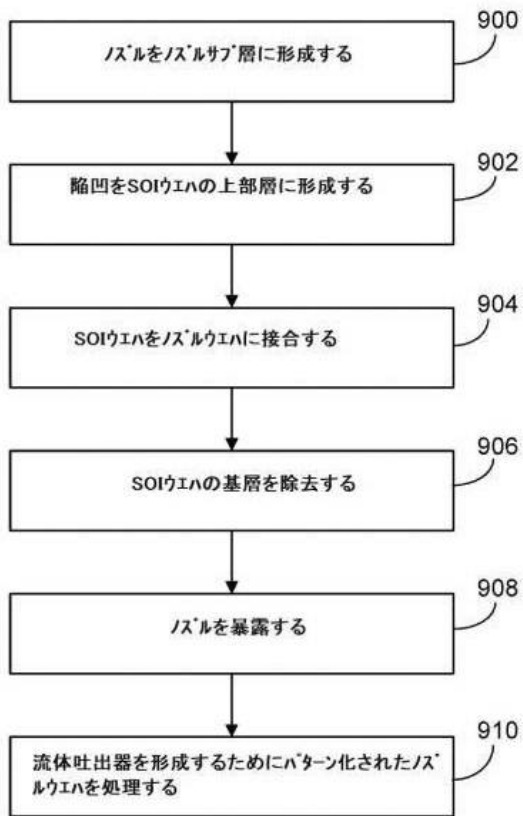
【図 8 E】



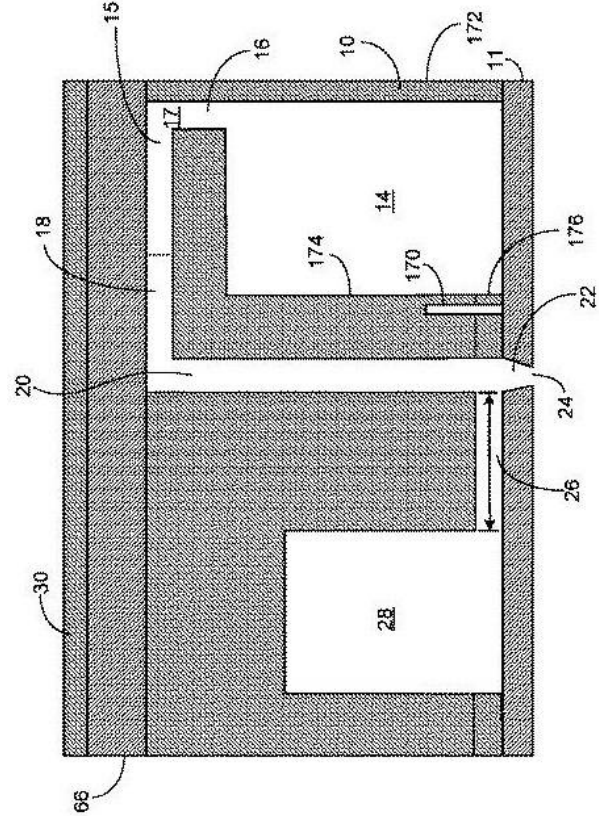
【図 8 F】



【図 9】



【図 10】



10

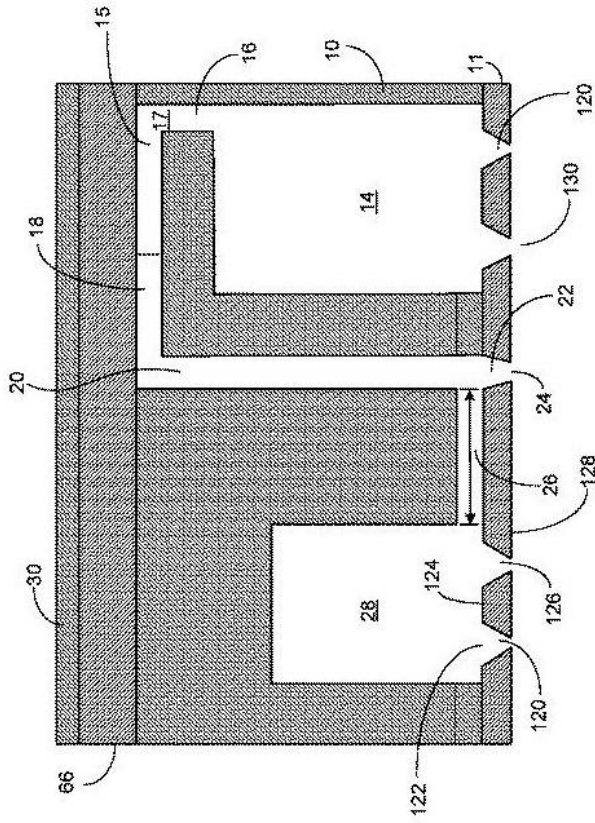
20

30

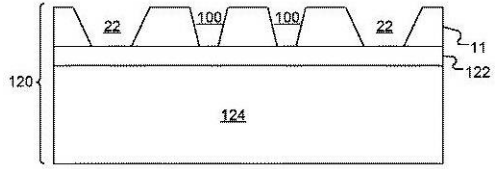
40

50

【図 1 1】



【図 1 2】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- ーティン アベニュー 2230
(72)発明者 スティーブン エイチ． バース
アメリカ合衆国 ニューハンプシャー 03287, ウィルモットフラット, シンダガン ロード 9
- (72)発明者 マッツ ジー． オットソン
スウェーデン国 エス - 132 35 サルトヒェ - ボー, マルコールヴェーゲン 4
- (72)発明者 ダレン イマイ
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95032, ロス ガトス, プロッサム ヒル ロード 15065
- 審査官 長田 守夫
- (56)参考文献 特開2015 - 74228 (JP, A)
特開2012 - 11653 (JP, A)
特開2006 - 224672 (JP, A)
特開2009 - 196342 (JP, A)
米国特許第6003971 (US, A)
特開2003 - 226010 (JP, A)
特開2008 - 279690 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
B41J 2/01 - 2/215