(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)公開番号
特開2024-42000
(P2024-42000A)
(43)公開日　令和6年3月27日(2024.3.27)

(51)国際特許分類		FI		
B41J	*2/14 (2006.01)*	B41J	2/14	301
B41J	*2/16 (2006.01)*	B41J	2/14	501
		B41J	2/14	607
		B41J	2/14	611
		B41J	2/14	613

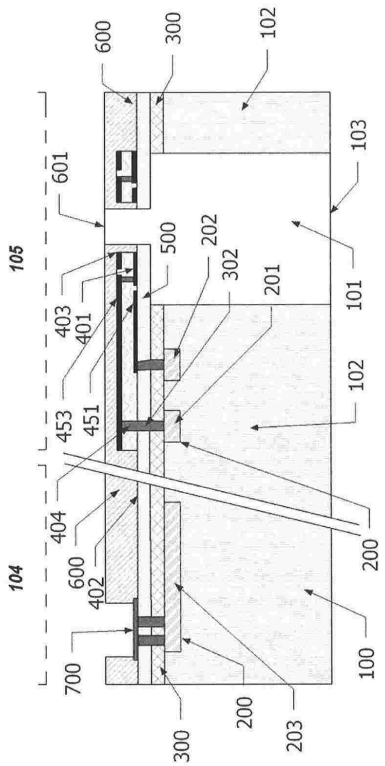
審査請求　有　請求項の数　1　ＯＬ　（全41頁）　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2024-7264(P2024-7264)
(22)出願日　令和6年1月22日(2024.1.22)
(62)分割の表示　特願2020-567639(P2020-567639)の分割
原出願日　平成31年2月26日(2019.2.26)
(31)優先権主張番号　1803177.3
(32)優先日　平成30年2月27日(2018.2.27)
(33)優先権主張国・地域又は機関
英国(GB)

(71)出願人　520324628
スリーシー プロジェクト マネージメント リミテッド
アイルランド エー６３ エイチエフ９６，ウィックロー州，グレイストーンズ，マナー アヴェニュー，ザ コピンズ
(74)代理人　100131451
弁理士　津田 理
(74)代理人　230117802
弁護士　大野 浩之
(72)発明者　マカヴォイ，グレゴリー ジョン
アイルランド ウィックロー州，グレイストーンズ，ラ タッチ クローズ １０

(54)【発明の名称】　液滴吐出器

(57)【要約】　（修正有）
【課題】より多くのノズル数を達成することができるプリントヘッド用の改善された圧電液滴吐出器を提供することを目的とする。
【解決手段】プリントヘッド用の液滴吐出器は、取付面及び反対側のノズル面を有する基板と、基板のノズル面の少なくとも一部の上に形成されたノズル形成層と、少なくとも一部は基板により且つ少なくとも一部はノズル形成層により画定された流体チャンバであって、少なくとも一部は前記ノズル形成層のノズル部分によって画定された流体チャンバ出口を有し、前記ノズル部分が、流体チャンバ出口の方に近接して位置する内側部分と、ノズル部分の周縁部の方に近接して位置する外側部分とを備える、流体チャンバと、ノズル形成層のノズル部分の内側部分に形成された内側アクチュエータ機構、及びノズル形成層のノズル部分の外側部分に形成された外側アクチュエータ機構のうちのいずれか又は両方とを備える。
【選択図】図２



【特許請求の範囲】
【請求項１】
プリントヘッド用の液滴吐出器であって、取付面及び反対側のノズル面を有する基板と、前記基板の前記ノズル面の少なくとも一部の上に形成されたノズル形成層と、少なくとも一部は前記基板により且つ少なくとも一部は前記ノズル形成層により画定された流体チャンバであって、少なくとも一部は前記ノズル形成層のノズル部分によって画定された流体チャンバ出口を有し、前記ノズル部分が、前記流体チャンバ出口の方に近接して位置する内側部分と、前記ノズル部分の周縁部の方に近接して位置する外側部分とを備える、流体チャンバと、前記ノズル形成層の前記ノズル部分の前記内側部分に形成された内側アクチュエータ機構、及び前記ノズル形成層の前記ノズル部分の前記外側部分に形成された外側アクチュエータ機構のうちのいずれか又は両方とを備える液滴吐出器。
【請求項２】
前記ノズル形成層の前記ノズル部分の前記外側部分は、前記ノズル形成層の前記ノズル部分の前記内側部分を少なくとも部分的に包囲している、請求項１に記載の液滴吐出器。
【請求項３】
前記内側アクチュエータ機構は、前記流体チャンバ出口を少なくとも部分的に包囲している、請求項１又は２に記載の液滴吐出器。
【請求項４】
前記内側アクチュエータ機構及び／又は前記外側アクチュエータ機構の両方が実質的に環状である、前記請求項１～３のいずれか一項に記載の液滴吐出器。
【請求項５】
前記基板と一体化された少なくとも１つの電子部品をさらに備える、請求項１～４のいずれか一項に記載の液滴吐出器。
【請求項６】
１つ又は複数の内側圧電アクチュエータを備えた内側アクチュエータ機構を備え、前記１つ又は複数の内側圧電アクチュエータのうちの少なくとも１つが、内側の駆動電極の対の間に設けられた内側圧電体を備える、請求項１～５のいずれか一項に記載の液滴吐出器。
【請求項７】
前記内側アクチュエータ機構が、実質的に環状である単一の内側圧電アクチュエータからなる、請求項６に記載の液滴吐出器。
【請求項８】
１つ又は複数の外側圧電アクチュエータを備えた外側アクチュエータ機構を備え、前記１つ又は複数の外側圧電アクチュエータのうちの少なくとも１つが、外側の駆動電極の対の間に設けられた外側圧電体を備える、請求項１～７のいずれか一項に記載の液滴吐出器。
【請求項９】
前記外側アクチュエータ機構が、実質的に環状である単一の外側圧電アクチュエータからなる、請求項８に記載の液滴吐出器。
【請求項１０】
前記単一の外側圧電アクチュエータが、前記単一の内側圧電アクチュエータを包囲している、請求項７に従属する請求項９に記載の液滴吐出器。
【請求項１１】
前記内側の駆動電極の対及び前記外側の駆動電極の対の両方が、駆動回路に電気的に接続され、前記駆動回路が、使用時に電源に接続されると、前記内側の電極の対の間に第１電位差を印加して第１方向における前記内側圧電体のたわみをもたらし、前記外側の電極の対の間に第２電位差を印加して前記第１方向とは反対の第２方向における前記外側圧電体のたわみをもたらすように構成されている、請求項６に従属する請求項８～１０のいずれか一項に記載の液滴吐出器。
【請求項１２】

１つ若しくは複数の前記内側圧電体及び／又は１つ若しくは複数の前記外側圧電体が、４５０℃未満の温度で処理可能な１種又は複数種の圧電材料を含む、請求項６～１１のいずれか一項に記載の液滴吐出器。

【請求項１３】

１つ若しくは複数の前記内側圧電体及び／又は１つ若しくは複数の前記外側圧電体が、４５０℃未満の温度で堆積可能な１種又は複数種の圧電材料を含む、請求項６～１２のいずれか一項に記載の液滴吐出器。

【請求項１４】

前記１種又は複数種の圧電材料が、ＰＶＤ堆積した圧電材料である、請求項１２又は１３に記載の液滴吐出器。

【請求項１５】

前記１種又は複数種の圧電材料が、窒化アルミニウム及び／又は酸化亜鉛を含む、請求項１２～１４のいずれか一項に記載の液滴吐出器。

【請求項１６】

窒化アルミニウムが、以下の元素：スカンジウム、イットリウム、チタン、マグネシウム、ハフニウム、ジルコニウム、スズ、クロム、ホウ素のうちの１種又は複数種をさらに含む、請求項１５に記載の液滴吐出器。

【請求項１７】

前記１種又は複数種の圧電材料が、アルミニウム及び窒素、並びに任意選択的に、スカンジウム、イットリウム、チタン、マグネシウム、ハフニウム、ジルコニウム、スズ、クロム、ホウ素から選択された１種又は複数種の元素を含むセラミック材料を含む、請求項１２～１６のいずれか一項に記載の液滴吐出器。

【請求項１８】

前記１種又は複数種の圧電材料が非強誘電性圧電材料である、請求項１２～１７のいずれか一項に記載の液滴吐出器。

【請求項１９】

１つ若しくは複数の前記内側圧電体及び／又は１つ若しくは複数の前記外側圧電体が、２０ｐＣ／Ｎ未満の大きさを有するd_{31}圧電定数を有する、請求項６～１８のいずれか一項に記載の液滴吐出器。

【請求項２０】

前記基板と一体化された少なくとも１つの電子部品をさらに備える、請求項１～１９のいずれか一項に記載の液滴吐出器。

【請求項２１】

前記基板の前記取付面が、前記流体チャンバと流体連通する流体入口アパーチャを備える、請求項１～２０のいずれか一項に記載の液滴吐出器。

【請求項２２】

前記流体チャンバが実質的に円筒状であり、前記ノズル形成層の前記ノズル部分が実質的に環状である、請求項１～２１のいずれか一項に記載の液滴吐出器。

【請求項２３】

前記内側アクチュエータ機構及び前記外側アクチュエータ機構並びに前記ノズル形成層を覆う保護層をさらに備える、請求項１～２２のいずれか一項に記載の液滴吐出器。

【請求項２４】

請求項１～２３のいずれか一項に記載の複数の液滴吐出器を備えるプリントヘッド。

【請求項２５】

前記複数の液滴吐出器が共通の基板を共有する、請求項２４に記載のプリントヘッド。

【請求項２６】

請求項２４又は２５に記載の１つ又は複数のプリントヘッドを備えるプリンタ。

【請求項２７】

請求項１～２０のいずれか一項に記載の液滴吐出器を作動させる方法であって、前記内側アクチュエータ機構を作動させ且つ／又は前記外側アクチュエータ機構を作動させ、そ

れにより、前記ノズル形成層の前記ノズル部分の少なくとも一部の変位、及び結果として前記流体チャンバから前記流体チャンバ出口を通る流体の吐出をもたらすステップを含む方法。

【請求項２８】

前記液滴吐出器が、内側アクチュエータ機構及び外側アクチュエータ機構の両方を備え、前記方法が、前記内側アクチュエータ機構及び前記外側アクチュエータ機構の両方を作動させ、それにより、前記ノズル形成層の前記ノズル部分の少なくとも一部の変位、及び結果として前記流体チャンバから前記流体チャンバ出口を通る流体の吐出をもたらすステップを含む、請求項２７に記載の方法。

【請求項２９】

前記内側アクチュエータ機構を作動させる前記ステップ及び前記外側アクチュエータ機構を作動させる前記ステップは、同時に行われる、請求項２８に記載の方法。

【請求項３０】

前記内側アクチュエータ機構を作動させるステップが、前記内側の駆動電極の対の間に第１電位差を印加して、前記内側圧電体のたわみをもたらすことを含み、前記外側アクチュエータ機構を作動させるステップが、前記外側の駆動電極の対の間に第２電位差を印加して、前記外側圧電体のたわみをもたらすことを含む、請求項１１に従属する請求項２８又は２９に記載の方法。

【請求項３１】

前記第１電位差及び前記第２電位差が、前記内側圧電体及び前記外側圧電体が反対方向にたわむように、反対の極性を有する、請求項３０に記載の方法。

【請求項３２】

前記第１電位差及び前記第２電位差が同時に印加される、請求項３０又は３１に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、プリントヘッド用の液滴吐出器と、液滴吐出器を備えるプリントヘッドと、液滴吐出器を備えるプリントヘッドを備えるプリンタと、プリントヘッドのために液滴吐出器を作動させる方法とに関する。

【背景技術】

【０００２】

インクジェットプリンタは、印刷媒体（紙等）の上にインクの液滴を押し出すことにより、媒体上にデジタル画像を再現するために使用される。多くのインクジェットプリンタは、プリントヘッドのインクジェットノズルからの個々のインク液滴の一連の吐出が制御される、「ドロップオンデマンド」技術を組み込んでいる。インク液滴は、媒体に付着するのに十分な運動量で吐出される。各液滴は、印加される駆動信号に従って吐出され、これにより、ドロップオンデマンド型インクジェットプリンタが、インク液滴の連続した流れが微細ノズルを通してインクを圧送することによって生成されるコンティニュアス型インクジェット装置から差異化される。

【０００３】

最も商業的に成功した２つのドロップオンデマンド技術は、サーマルインクジェットプリンタ及びピエゾ（圧電）インクジェットプリンタである。サーマルインクジェットプリンタでは、印刷流体が、水等の揮発成分を含む必要がある。加熱素子が、プリントヘッド内で揮発性流体内に気泡の自発核生成をもたらし、流体の液滴が強制的にノズルを通して吐出される。ピエゾインクジェットプリンタは、代わりに、流体チャンバの壁内に圧電アクチュエータを組み込んでいる。圧電素子の変形により圧電アクチュエータがたわみ、それにより、流体チャンバ内に貯蔵された印刷流体に圧力変化が誘起され、それによりノズルを通して液滴が吐出される。

【０００４】

サーマルインクジェットプリンタは、非常に少量の印刷流体を噴射するためにしか使用することができない（流体が適切な揮発性を呈していなければならないためである）。サーマルインクジェットプリンタにはまた、乾燥したインク残留物が加熱素子の上に堆積するコゲーション（ｋｏｇａｔｉｏｎ）が起こることがあり、これにより、プリンタの使用可能な寿命が短くなる。

【０００５】

ピエゾインクジェットプリンタは、広範囲の流体で使用可能であり、コゲーションが起こらないため、サーマルインクジェットプリンタより長い動作寿命を有する。しかしながら、サーマルインクジェットプリントヘッドと比較して、既存の圧電技術では、通常、プリントヘッドごとに非常に少ないノズル数しか達成可能ではない。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

本発明の態様は、より多くのノズル数を達成することができるプリントヘッド用の改善された圧電液滴吐出器を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【０００７】

本発明の第１態様は、プリントヘッド用の液滴吐出器を提供する。液滴吐出器は、取付面及び反対側のノズル面を有する基板と、基板のノズル面の少なくとも一部の上に形成されたノズル形成層と、少なくとも一部は基板により且つ少なくとも一部はノズル形成層により画定された流体チャンバとを備える。流体チャンバは、少なくとも一部は前記ノズル形成層のノズル部分によって画定された流体チャンバ出口を有する。

【０００８】

ノズル形成層のノズル部分は、典型的には、流体チャンバから流体チャンバ出口を通して流体を吐出するダイヤフラムとして機能する（たとえば、そうしたダイヤフラムを形成するか又はそうしたダイヤフラムである）。ダイヤフラムは、典型的には、可動である。ダイヤフラムは、典型的には、可撓性がある。ダイヤフラムが流体チャンバに向かって（すなわち、流体チャンバ内に）移動する（たとえば、撓曲する）ことにより、典型的には、流体チャンバ出口を通して流体が排出される。

【０００９】

液滴吐出器は、典型的には、ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の少なくとも一部の上に形成された少なくとも１つのアクチュエータ機構（たとえば、１つ又は複数のアクチュエータ）をさらに備える。少なくとも１つのアクチュエータ機構（たとえば、１つ又は複数のアクチュエータ）は、典型的には、作動時にノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）を移動させるか又は撓曲させるように構成され（たとえば、位置決めされ）ている（すなわち、使用時にそのように移動させるか又は撓曲させる）。

【００１０】

少なくとも１つのアクチュエータ機構（たとえば、１つ又は複数のアクチュエータ）は、内側アクチュエータ機構（たとえば、１つ又は複数の内側アクチュエータ）を備え（たとえば、内側アクチュエータ機構から構成され）得る。内側アクチュエータ機構（たとえば、１つ又は複数の内側アクチュエータ）は、典型的には、流体チャンバ出口に隣接してノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の少なくとも一部の上に形成されたアクチュエータ機構である。すなわち、内側アクチュエータ機構（たとえば、１つ又は複数の内側アクチュエータ）は、典型的には、ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の周縁部（たとえば、外周部）より流体チャンバ出口に近接するノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の少なくとも一部の上に形成されたアクチュエータ機構である。

【００１１】

少なくとも１つのアクチュエータ機構（たとえば、１つ又は複数のアクチュエータ）は

、外側アクチュエータ機構（たとえば、１つ又は複数の外側アクチュエータ）を備え（たとえば、外側アクチュエータ機構から構成され）得る。外側アクチュエータ機構（たとえば、１つ又は複数の外側アクチュエータ）は、典型的には、ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の周縁部（たとえば、外周部）に隣接してノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の少なくとも一部の上に形成されたアクチュエータ機構である。すなわち、外側アクチュエータ機構（たとえば、１つ又は複数の外側アクチュエータ）は、典型的には、流体チャンバ出口よりノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の周縁部（たとえば、外周部）に近接するノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の少なくとも一部の上に形成されたアクチュエータ機構である。

【００１２】

液滴吐出器は、内側アクチュエータ機構（たとえば、１つ又は複数の内側アクチュエータ）及び外側アクチュエータ機構（たとえば、１つ又は複数の外側アクチュエータ）の両方を備える場合がある。別法として、液滴吐出器は、内側アクチュエータ機構（たとえば、１つ又は複数の内側アクチュエータ）又は外側アクチュエータ機構（たとえば、１つ又は複数の外側アクチュエータ）を備えるが、両方は備えていない場合がある。すなわち、内側アクチュエータ機構（たとえば、１つ又は複数の内側アクチュエータ）の存在は、必ずしも外側アクチュエータ機構（たとえば、１つ又は複数の外側アクチュエータ）の存在を意味するものではなく、その逆も同様であり、外側アクチュエータ機構（たとえば、１つ又は複数の外側アクチュエータ）の存在は、必ずしも内側アクチュエータ機構（たとえば、１つ又は複数の内側アクチュエータ）の存在を意味するものではない。

【００１３】

ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）は、典型的には、内側部分及び外側部分を備える（たとえば、それらから構成される）。

【００１４】

ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の内側部分は、典型的には、ノズル部分の、流体チャンバ出口に隣接して位置する部分である。ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の内側部分は、典型的には、ノズル部分の、ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の周縁部（たとえば、外周部）より流体チャンバ出口に近接して位置する部分である。ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の内側部分は、ノズル部分の、流体チャンバ出口に当接する（すなわち、流体チャンバ出口まで延在する）部分であり得る。ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の内側部分は、ノズル部分の、流体チャンバ出口を少なくとも部分的に包囲する部分であり得る。ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の内側部分は、ノズル部分の、流体チャンバ出口を完全に包囲する部分であり得る。ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の内側部分は、ノズル部分の、流体チャンバ出口を含む部分であり得る（すなわち、流体チャンバ出口は、ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の内側部分を通って延在することができる）。

【００１５】

ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の外側部分は、典型的には、ノズル部分の、ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の周縁部（たとえば、外周部）に隣接して設けられた部分である。ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の外側部分は、典型的には、ノズル部分の、流体チャンバ出口よりノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の周縁部（たとえば、外周部）に近接して設けられた部分である。ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の外側部分は、ノズル部分の、ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の内側部分に当接する（すなわち、内側部分まで延在する）部分であり得る。ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の外側部分は、典型的には、ノズル部分の、少なくとも部分的にノズル形成層の前記ノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の内側部分の周囲に設けられた部分である。ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の外側部分は、ノズル部分の、ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の内側部分

を少なくとも部分的に包囲する部分であり得る。ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の外側部分は、ノズル部分の、ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の内側部分を完全に包囲する部分であり得る。ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の外側部分は、ノズル部分の、ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の周縁部（たとえば、外周部）に当接する（すなわち、周縁部まで延在する）部分であり得る。ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の外側部分は、ノズル部分の、ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の内側部分とノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の周縁部（たとえば、外周部）との間に延在する部分であり得る。

【００１６】

ノズル形成層のノズル部分の内側部分は、典型的には、ノズル形成層の、作動時に湾曲する部分である。ノズル形成層のノズル部分の外側部分は、典型的には、ノズル形成層の、作動時に湾曲する部分である。前記外側部分及び内側部分は、典型的には、作動時に湾曲するとき、反対方向に湾曲する（すなわち、反対方向に面する）。したがって、１つの方向から（たとえば、流体チャンバの外側の箇所から）見た場合、作動時、内側部分及び外側部分の一方は、典型的には内側に湾曲して見え、内側部分及び外側部分の他方は、典型的には外側に湾曲して見える。

【００１７】

少なくとも１つのアクチュエータ機構（たとえば、少なくとも１つの内側及び／又は外側アクチュエータ機構）とノズル形成層のノズル部分とは、ノズル部分の内側部分が第１向き（ｓｅｎｓｅ）に湾曲し、ノズル部分の外側部分が前記第１向きとは反対の第２向きに湾曲するように構成されている（すなわち、起動時にそのように湾曲する）場合がある。

【００１８】

ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の内側部分及び外側部分は、合わせて、ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）全体を形成することができる。

【００１９】

内側部分はノズル部分の内側半体であり、外側部分はノズル部分の外側半体である場合がある。内側部分と外側部分との間の境界部は、流体チャンバ出口とノズル部分の外縁部との間の距離の約５０％、流体チャンバ出口の周囲に延在することができる。

【００２０】

内側部分は、ノズル部分の表面積の約５０％を含む場合がある。外側部分は、ノズル部分の表面積の約５０％を含む場合がある。内側部分は、ノズル部分の表面積の約５０％未満を含み、外側部分は、ノズル部分の表面積の５０％を超える部分を含む（内側部分及び外側部分の面積は合わせて、典型的には、ノズル部分の全表面積を構成する）場合がある。内側部分は、ノズル部分の表面積の約２５％を含み、外側部分は、ノズル部分の表面積の約７５％を含む（内側部分及び外側部分の面積は合わせて、典型的には、ノズル部分の全表面積を構成する）場合がある。

【００２１】

ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の内側部分及び外側部分は、同軸上に配置され得る。ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の内側部分及び外側部分は、同心円状に配置され得る。ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の内側部分及び外側部分は、幾何学的に互いに同様であり得る。ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の内側部分及び外側部分は、各々、ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）と幾何学的に同様であり得る。ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の内側部分及び外側部分は、流体チャンバ出口の周囲に同軸上に（たとえば、同心円状に）配置され得る。

【００２２】

ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の内側部分及び外側部分は、各

々、ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の（前記ノズル形成層（たとえば、ダイヤフラム）の平面においてノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の主軸に沿った断面で測定される）幅の約５０％に沿って延在している場合がある。たとえば、ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）は実質的に円形（たとえば、環状）であり、ノズル形成層（たとえば、ダイヤフラム）の内側部分及び外側部分の各々は、実質的に環状であり且つ同心円状に配置され、外側部分は内側部分の周囲に延在し、内側部分は、ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の外側半径の約５０％の外側半径を有し、外側部分は、ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の外側半径の約５０％の内側半径と、ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の外側半径におよそ等しい外側半径とを有する場合がある。

【００２３】

内側アクチュエータ機構（たとえば、１つ又は複数の内側アクチュエータ）は、存在する場合、典型的には、ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の内側部分に形成されたアクチュエータ機構（たとえば、１つ又は複数のアクチュエータ）である。外側アクチュエータ機構（たとえば、１つ又は複数の外側アクチュエータ）は、存在する場合、典型的には、ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の外側部分に形成されたアクチュエータ機構（たとえば、１つ又は複数のアクチュエータ）である。

【００２４】

液滴吐出器は、内側アクチュエータ機構（たとえば、１つ又は複数の内側アクチュエータ）のみを備え、液滴吐出器は、外側アクチュエータ機構（たとえば、１つ又は複数の外側アクチュエータ）を備えていない場合がある。すなわち、液滴吐出器は、ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の内側部分に形成された少なくとも１つのアクチュエータ機構（たとえば、少なくとも１つのアクチュエータ）を備え、液滴吐出器は、ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の外側部分に形成されたいかなるアクチュエータ機構（たとえば、アクチュエータ）も備えていない場合がある。

【００２５】

別法として、液滴吐出器は、外側アクチュエータ機構（たとえば、１つ又は複数の外側アクチュエータ）のみを備え、液滴吐出器は、内側アクチュエータ機構（たとえば、１つ又は複数の内側アクチュエータ）を備えていない場合がある。すなわち、液滴吐出器は、ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の外側部分に形成された少なくとも１つのアクチュエータ機構（たとえば、少なくとも１つのアクチュエータ）を備え、液滴吐出器は、ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の内側部分に形成されたいかなるアクチュエータ機構（たとえば、アクチュエータ）も備えていない場合がある。

【００２６】

内側アクチュエータ機構（たとえば、１つ又は複数の内側アクチュエータ）は、作動時に変形するノズル形成層のノズル部分の５０％未満、又はより典型的には４０％未満、又はより典型的には３０％未満に形成されている場合がある。

【００２７】

外側アクチュエータ機構（たとえば、１つ又は複数の外側アクチュエータ）は、作動時に変形するノズル形成層のノズル部分の５０％未満、又はより典型的には４０％未満、又はより典型的には３０％未満に形成されている場合がある。

【００２８】

本発明者は、意外なことに、内側アクチュエータ機構のみ又は外側アクチュエータ機構のみを設けることにより、ノズル形成層のノズル部分の大部分（たとえば、すべて）にわたって（すなわち、ノズル形成層の前記ノズル部分の内側部分及び外側部分の両方にオーバーラップする）単一のアクチュエータが設けられている既知の液滴吐出器と比較して、液滴吐出効率を向上させることができることが分かった。

【００２９】

たとえば、液滴吐出器が内側アクチュエータ機構（たとえば、１つ又は複数の内側アク

チュエータ）のみを備える実施形態では、液滴吐出器は、典型的には、使用時、第１方向（たとえば、第１向き）におけるノズル形成層のノズル部分の内側部分の直接的なたわみを駆動する前記内側アクチュエータ機構の作動によって機能する。ノズル形成層のノズル部分は、典型的にはその周縁部（すなわち、外周部）において位置が固定されているため、第１方向（たとえば、第１向き）におけるノズル形成層のノズル部分の内側部分のたわみにより、典型的には、第１方向とは反対側の第２方向（たとえば、第２向き）におけるノズル形成層のノズル部分の外側部分の補償的なたわみがもたらされる。流体チャンバに向かう（すなわち、流体チャンバ内への）ノズル形成層のノズル部分のたわみにより、典型的には、流体チャンバから流体チャンバ出口を通って印刷流体が吐出される。アクチュエータ機構が内側部分にのみ設けられているため、作動時、ノズル部分は、本技術分野において既知であるようにノズル形成層のノズル部分の大部分（たとえば、すべて）にわたって単一のアクチュエータ機構が設けられている場合に達成されるより、大きい体積のたわみで（たとえば、より複雑な形状を形成することにより）変形する。特に、本発明者は、ノズル部分を、同様の材料を用いて既存の液滴吐出器で可能であるよりはるかに大きい吐出力を及ぼすことができるようにする形状（及び特にＳ字状断面を有する形状）に変形させることができることが分かった。この吐出力の増大により、アクチュエータのより効率的な構成（並びに、たとえば、インクジェットプリンタで通常使用されているものより個々により出力の小さいアクチュエータの使用、及び、圧電液滴吐出器の場合、異なる圧電材料の使用）が可能になる。

【００３０】

同様に、液滴吐出器が外側アクチュエータ機構（たとえば、１つ又は複数の外側アクチュエータ）のみを備える実施形態では、幾何学的制約により、外側アクチュエータ機構の作動時、ノズル形成層のノズル部分が（既存の装置を使用して可能であるより）より大きい体積のたわみで（たとえば、より複雑な形状を形成することにより）変形することが確実になる。

【００３１】

代替実施形態では、液滴吐出器は、少なくとも１つの内側アクチュエータ機構（たとえば、１つ又は複数の内側アクチュエータ）と少なくとも１つの外側アクチュエータ機構（たとえば、１つ又は複数の外側アクチュエータ）とを備える場合がある。すなわち、液滴吐出器は、ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の少なくとも一部（たとえば、内側部分）に形成された少なくとも１つの（すなわち、内側）アクチュエータ機構（たとえば、１つ又は複数のアクチュエータ）と、内側アクチュエータ機構を少なくとも部分的に包囲するノズル形成層のノズル部分（たとえば、ダイヤフラム）の少なくとも一部（たとえば、外側部分）に形成された少なくとも１つの（すなわち、外側）アクチュエータ機構（たとえば、１つ又は複数のアクチュエータ）とを備える場合がある。

【００３２】

内側アクチュエータ機構及び外側アクチュエータ機構の両方を備える実施形態では、内側アクチュエータ機構の作動により、典型的には、第１方向（たとえば、第１向き）においてノズル形成層のノズル部分の内側部分がたわみ、外側アクチュエータ機構の作動により、典型的には、典型的には前記第１方向（たとえば、第１向き）とは反対の第２方向（たとえば、第２向き）においてノズル形成層のノズル部分の外側部分がたわむ。ノズル形成層のノズル部分の内側部分及び外側部分の両方のたわみにより、典型的には、流体チャンバから流体チャンバ出口を通って印刷流体が吐出される。液滴吐出器が内側アクチュエータ機構及び外側アクチュエータ機構の両方を備えるため、ノズル形成層のノズル部分の内側部分及び外側部分の両方のたわみを（たとえば、同じ時点で）駆動することができる。この場合もまた、ノズル形成層のノズル部分に単一のアクチュエータ機構（及び、特に、ノズル形成層のノズル部分の大部分にわたって延在する、たとえば前記ノズル部分の内側部分及び外側部分の両方にオーバーラップする、単一のアクチュエータ機構）のみが設けられている場合に達成可能であるより、大きい体積のたわみで（たとえば、より複雑な形状を形成することにより）、ノズル部分を変形させることができる。特に、本発明者は

、内側アクチュエータ機構及び外側アクチュエータ機構の同時作動を用いて、ノズル部分を、印刷流体により大きい吐出力を及ぼすことができるようにする形状に変形させることができることが分かった。この場合もまた、これにより、アクチュエータのより効率的な構成（並びに、たとえば、インクジェットプリンタで通常使用されているものより個々により出力の小さいアクチュエータの使用）が可能になる。

【００３３】

液滴吐出器は、基板と一体化された少なくとも１つの電子部品を備える場合がある。少なくとも１つの電子部品は、少なくとも１つの能動電子部品（たとえば、トランジスタ）を含むことができる。さらに又は別法として、少なくとも１つの電子部品は、少なくとも１つの受動電子部品（たとえば、抵抗器）を含むことができる。少なくとも１つの電子部品は、基板と一体化された少なくとも１つのＣＭＯＳ（すなわち、相補型金属酸化膜半導体）電子部品を含むことができる。

【００３４】

内側アクチュエータ機構を備える（すなわち、外側アクチュエータ機構の存在又は欠如を問わない）実施形態では、内側アクチュエータ機構は、典型的には、流体チャンバ出口を少なくとも部分的に包囲している。すなわち、内側アクチュエータ機構は、典型的には、流体チャンバ出口を少なくとも部分的に包囲するノズル形成層のノズル部分の内側部分に形成されている。内側アクチュエータ機構は流体チャンバ出口を包囲している場合がある。内側アクチュエータ機構は流体チャンバ出口を完全に包囲している場合がある。内側アクチュエータ機構は、流体チャンバ出口の周囲に連続的に延在している場合がある。

【００３５】

内側アクチュエータ機構は単一の内側アクチュエータから構成されている場合がある。

【００３６】

内側アクチュエータ機構は２つ以上の内側アクチュエータを備え、それらの各々が流体チャンバ出口を部分的に包囲している場合がある。２つ以上の内側アクチュエータは、典型的には、互いに間隔を空けて配置されている。２つ以上の内側アクチュエータは、典型的には、流体チャンバ出口の周囲に互いに間隔を空けて配置されている（すなわち、互いに半径方向に間隔を空けて配置されるのではない）。したがって、内側アクチュエータ機構は、流体チャンバ出口の周囲に不連続に延在している場合がある。

【００３７】

内側アクチュエータ機構は実質的に環状（すなわち、リング形状）である場合がある。内側アクチュエータ機構は、流体チャンバ出口を中心としている場合がある。内側アクチュエータ機構は、２つ以上の実質的に環状の内側アクチュエータを備える場合がある。内側アクチュエータ機構は、２つ以上の内側アクチュエータを備え、その各々は形状が部分的に環状である（すなわち、各々は、環状体の一部（たとえば、セクタ）（すなわち、リングの一部）を形成するような形状である）場合がある。２つ以上の部分的に環状の内側アクチュエータは、流体チャンバ出口を中心としている（すなわち、流体チャンバ出口の周囲に対称に配置されている）場合がある。

【００３８】

実質的に環状のアクチュエータ機構が流体チャンバ出口を中心としている液滴吐出器を提供することにより、ノズル形成層のノズル部分のたわみは、典型的には、流体チャンバ出口の周囲で均一（すなわち、対称）であり、それにより、流体チャンバ出口からの液滴の排出が平滑になる。

【００３９】

内側アクチュエータ機構は、圧電アクチュエータ機構、たとえば内側圧電アクチュエータ機構である場合がある。

【００４０】

内側アクチュエータ機構（すなわち、内側圧電アクチュエータ機構）は、１つ又は複数の内側圧電アクチュエータを備える場合がある。

【００４１】

１つ又は複数の内側圧電アクチュエータのうちの少なくとも１つは、典型的には、駆動電極の対（すなわち、内側の駆動電極の対）の間に設けられた圧電体（すなわち、内側圧電体）を備える。

【００４２】

１つ又は複数の内側圧電アクチュエータの各々は、対応する駆動電極の対の間に設けられた圧電体（すなわち、対応する内側の駆動電極の対の間に設けられた内側圧電体）を備える場合がある。

【００４３】

内側圧電アクチュエータ機構は、実質的に環状（すなわち、リング形状）である場合がある。内側圧電アクチュエータ機構は、流体チャンバ出口を中心としている場合がある。

【００４４】

内側アクチュエータ機構は単一の内側圧電アクチュエータから構成される場合がある。単一の内側圧電アクチュエータは実質的に環状である場合がある。単一の圧電アクチュエータは流体チャンバ出口を中心としている場合がある。

【００４５】

内側アクチュエータ機構は、２つ以上の内側圧電アクチュエータを備える場合がある。内側アクチュエータ機構は、２つ以上の実質的に環状の内側圧電アクチュエータを備える場合がある。内側アクチュエータ機構は、２つ以上の内側圧電アクチュエータを備え、その各々は形状が部分的に環状である（すなわち、各々は、環状体の一部（たとえば、セクタ）（すなわち、リングの一部）を形成するような形状である）場合がある。２つ以上の部分的に環状の内側圧電アクチュエータは、流体チャンバ出口を中心としている（すなわち、流体チャンバ出口の周囲に対称に配置されている）場合がある。

【００４６】

内側圧電アクチュエータは、同じ連続した内側圧電体のいくつかの部分から形成されている場合がある。しかしながら、内側圧電アクチュエータの各々は、典型的には、それ自体のそれぞれの内側駆動電極の対を備える。

【００４７】

内側圧電体は、ノズル形成層のノズル部分の外側部分内には延在していない場合がある。

【００４８】

ノズル形成層のノズル部分は内側部分及び外側部分を備え、内側圧電アクチュエータ機構は内側部分に形成され、外側部分はその上に圧電アクチュエータ機構が形成されておらず、内側圧電アクチュエータ機構の作動により、前記内側圧電アクチュエータ機構によって前記内側部分に直接加えられる力により、内側部分が第１向き（すなわち、第１方向）において変形し、外側部分は、内側部分に接続され且つ前記外側部分の周縁部の周囲で保持されていることにより、反対の第２向き（すなわち、反対の第２方向）において変形する場合がある。

【００４９】

内側圧電アクチュエータ機構は、典型的には、動作中に（すなわち、前記内側圧電アクチュエータ機構の作動時に）変形するノズル部分の表面積の５０％未満、又はより典型的には４０％未満、又はより典型的には３０％未満に形成されている。

【００５０】

内側の駆動電極の対は、駆動回路に電気的に接続されている場合がある。駆動回路は、典型的には、内側の駆動電極の対の間に電位差を選択的に印加して（すなわち、作動したとき（たとえば、使用時に、電源（たとえば、電圧信号ライン）に接続され且つ作動信号に応答したとき））、内側圧電体をたわませるように構成されている。

【００５１】

内側の駆動電極の対のうちの１つ又は複数の電極は、基板と一体化された少なくとも１つ電子部品に電気的に接続されている場合がある。

【００５２】

外側アクチュエータ機構を備える（すなわち、内側アクチュエータ機構の存在又は欠如を問わない）実施形態では、外側アクチュエータ機構は、典型的には、流体チャンバ出口を少なくとも部分的に包囲している。すなわち、外側アクチュエータ機構は、典型的には、流体チャンバ出口を少なくとも部分的に包囲しているノズル形成層のノズル部分の外側部分に形成されている。

【００５３】

外側アクチュエータ機構は流体チャンバ出口を包囲している場合がある。外側アクチュエータ機構は流体チャンバ出口を完全に包囲している場合がある。外側アクチュエータ機構は、流体チャンバ出口の周囲に連続的に延在している場合がある。

【００５４】

外側アクチュエータ機構は単一の外側アクチュエータから構成されている場合がある。

【００５５】

外側アクチュエータ機構は２つ以上の外側アクチュエータを備え、それらの各々が流体チャンバ出口を部分的に包囲している場合がある。２つ以上の外側アクチュエータは、典型的には、流体チャンバ出口の周囲で互いに間隔を空けて配置されている（すなわち、半径方向に間隔を空けて配置されるのではない）。したがって、外側アクチュエータ機構は、流体チャンバ出口の周囲に不連続に延在している場合がある。

【００５６】

外側アクチュエータ機構は実質的に環状（すなわち、リング形状）である場合がある。外側アクチュエータ機構は、流体チャンバ出口を中心としている場合がある。外側アクチュエータ機構は、２つ以上の実質的に環状の外側アクチュエータを備える場合がある。外側アクチュエータ機構は、２つ以上の外側アクチュエータを備え、その各々は形状が部分的に環状である（すなわち、各々は、環状体の一部（たとえば、セクタ）（すなわち、リングの一部）を形成するような形状である）場合がある。２つ以上の部分的に環状の外側アクチュエータは、流体チャンバ出口を中心としている（すなわち、流体チャンバ出口の周囲に対称に配置されている）場合がある。

【００５７】

実質的に環状のアクチュエータ機構が流体チャンバ出口を中心としている液滴吐出器を提供することにより、ノズル形成層のノズル部分のたわみは、典型的には、流体チャンバ出口の周囲で均一（すなわち、対称）であり、それにより、流体チャンバ出口からの液滴の排出が平滑になる。

【００５８】

外側アクチュエータ機構は、圧電アクチュエータ機構、たとえば外側圧電アクチュエータ機構である場合がある。

【００５９】

外側アクチュエータ機構（すなわち、外側圧電アクチュエータ機構）は、１つ又は複数の外側圧電アクチュエータを備える場合がある。

【００６０】

１つ又は複数の外側圧電アクチュエータのうちの少なくとも１つは、典型的には、駆動電極の対（すなわち、外側の駆動電極の対）の間に設けられた圧電体（すなわち、外側圧電体）を備える。

【００６１】

１つ又は複数の外側圧電アクチュエータの各々は、対応する駆動電極の対の間に設けられた圧電体（すなわち、対応する外側の駆動電極の対の間に設けられた外側圧電体）を備える場合がある。

【００６２】

外側圧電アクチュエータ機構は、実質的に環状（すなわち、リング形状）である場合がある。外側圧電アクチュエータ機構は、流体チャンバ出口を中心としている場合がある。

【００６３】

外側アクチュエータ機構は単一の外側圧電アクチュエータから構成されている場合があ

る。単一の外側圧電アクチュエータは実質的に環状である場合がある。単一の外側圧電アクチュエータは流体チャンバ出口を中心としている場合がある。

【００６４】

外側アクチュエータ機構は、２つ以上の外側圧電アクチュエータを備える場合がある。外側アクチュエータ機構は、２つ以上の実質的に環状の外側圧電アクチュエータを備える場合がある。外側アクチュエータ機構は、２つ以上の外側圧電アクチュエータを備え、その各々は形状が部分的に環状である（すなわち、各々は、環状体の一部（たとえば、セクタ）（すなわち、リングの一部）を形成するような形状である）場合がある。２つ以上の部分的に環状の外側圧電アクチュエータは、流体チャンバ出口を中心としている（すなわち、流体チャンバ出口の周囲に対称に配置されている）場合がある。

【００６５】

外側圧電アクチュエータは、同じ連続した外側圧電体のいくつかの部分から形成されている場合がある。しかしながら、外側圧電アクチュエータの各々は、典型的には、それ自体のそれぞれの外側駆動電極を備える。

【００６６】

外側圧電体は、ノズル形成層のノズル部分の内側部分内には延在していない場合がある。

【００６７】

ノズル形成層のノズル部分は外側部分及び内側部分を備え、外側圧電アクチュエータ機構は外側部分に形成され、内側部分はその上に圧電アクチュエータ機構が形成されておらず、外側圧電アクチュエータ機構の作動により、前記外側圧電アクチュエータ機構によって前記外側部分に直接加えられる力により、外側部分が第１向き（すなわち、第１方向）において変形し、内側部分は、外側部分に接続され且つ外側部分内に保持されていることにより、反対の第２向き（すなわち、反対の第２方向）において変形する場合がある。

【００６８】

外側圧電アクチュエータ機構は、典型的には、動作中に（すなわち、前記外側圧電アクチュエータ機構の作動時に）変形するノズル部分の表面積の５０％未満、又はより典型的には４０％未満、又はより典型的には３０％未満に形成されている。

【００６９】

外側の駆動電極の対は、駆動回路（たとえば、存在する場合は、内側の駆動電極の対が接続されている駆動回路）に電気的に接続されている場合がある。駆動回路は、典型的には、外側の駆動電極の対の間に電位差を選択的に印加して（すなわち、作動したとき（たとえば、使用時に、電源（たとえば、電圧信号ライン）に接続され且つ作動信号に応答したとき））、外側圧電体をたわませるように構成されている。

【００７０】

外側の駆動電極の対のうちの１つ又は複数の電極は、基板と一体化された少なくとも１つ電子部品に電気的に接続される場合がある。

【００７１】

内側アクチュエータ機構及び外側アクチュエータ機構の両方を備える実施形態では、外側アクチュエータ機構は、典型的には、内側アクチュエータ機構を少なくとも部分的に包囲している。すなわち、外側アクチュエータ機構は、典型的には、ノズル形成層のノズル部分の内側部分に形成された内側アクチュエータ機構を少なくとも部分的に包囲しているノズル形成層のノズル部分の外側部分に形成されている。

【００７２】

外側アクチュエータ機構は、内側アクチュエータ機構を包囲している場合がある。外側アクチュエータ機構は、内側アクチュエータ機構を完全に包囲している場合がある。外側アクチュエータ機構は、内側アクチュエータ機構の周囲に連続的に延在している場合がある。

【００７３】

外側アクチュエータ機構は２つ以上の外側アクチュエータを備え、それらの各々が内側

アクチュエータ機構を部分的に包囲している場合がある。２つ以上の外側アクチュエータは、典型的には、内側アクチュエータ機構の周囲で互いに間隔を空けて配置されている。したがって、外側アクチュエータ機構は、内側アクチュエータ機構の周囲に不連続に延在している場合がある。

【００７４】

内側アクチュエータ機構は、典型的には、流体チャンバ出口に（たとえば、流体チャンバ出口の周縁部に）より近接して（すなわち、外側アクチュエータ機構より近接して）設けられ、外側アクチュエータ機構は、典型的には、流体チャンバ出口から（たとえば、流体チャンバ出口の周縁部から）より離れて（すなわち、内側アクチュエータ機構より離れて）設けられている。

【００７５】

外側アクチュエータ機構は、典型的には、内側アクチュエータ機構から間隔を空けて（すなわち、半径方向に）配置されている。

【００７６】

内側アクチュエータ機構及び外側アクチュエータ機構の両方が、流体チャンバ出口を中心としている場合がある。内側アクチュエータ機構及び外側アクチュエータ機構は、同軸上に配置されている場合がある。内側アクチュエータ機構及び外側アクチュエータ機構は、同心円状である場合がある。内側アクチュエータ機構及び外側アクチュエータ機構の両方が、流体チャンバ出口の周囲に対称に形成されている場合がある。内側アクチュエータ機構及び外側アクチュエータ機構の両方が、同心円状に配置されている場合がある。

【００７７】

実質的に環状のアクチュエータ機構が流体チャンバ出口を中心としている液滴吐出器を提供することにより、ノズル形成層のノズル部分のたわみは、典型的には、流体チャンバ出口の周囲で均一（すなわち、対称）であり、それにより、流体チャンバ出口からの液滴の排出が平滑になる。

【００７８】

内側アクチュエータ機構は、圧電アクチュエータ機構、たとえば内側圧電アクチュエータ機構であり、且つ／又は、外側アクチュエータ機構は、圧電アクチュエータ機構、たとえば外側圧電アクチュエータ機構である場合がある。内側アクチュエータ機構を内側圧電アクチュエータ機構と呼ぶことにより、外側アクチュエータ機構が必然的に圧電アクチュエータ機構（すなわち、外側圧電アクチュエータ機構）であるという意味はないことが理解されよう。同様に、外側アクチュエータ機構を外側圧電アクチュエータ機構と呼ぶことにより、内側アクチュエータ機構が必然的に圧電アクチュエータ機構（すなわち、内側圧電アクチュエータ機構）であるという意味はないことが理解されよう。たとえば、内側アクチュエータ機構及び外側アクチュエータ機構のうちの一方が圧電アクチュエータ機構（すなわち、内側圧電アクチュエータ機構又は外側圧電アクチュエータ機構のいずれか）であり、内側アクチュエータ機構及び外側アクチュエータ機構のうちの他方が非圧電アクチュエータ機構（すなわち、外側非圧電アクチュエータ機構又は内側非圧電アクチュエータ機構のいずれか）である場合がある。別法として、内側アクチュエータ機構及び外側アクチュエータ機構の両方が圧電アクチュエータ機構（すなわち、内側圧電アクチュエータ機構及び外側圧電アクチュエータ機構）である場合がある。

【００７９】

内側アクチュエータ機構（たとえば、内側圧電アクチュエータ機構）は、１つ又は複数の内側圧電アクチュエータを備え、外側アクチュエータ機構（たとえば、外側圧電アクチュエータ機構）は、１つ又は複数の外側圧電アクチュエータを備える場合がある。典型的には、１つ又は複数の外側圧電アクチュエータは、１つ又は複数の内側圧電アクチュエータを少なくとも部分的に包囲している。

【００８０】

１つ又は複数の内側圧電アクチュエータの各々は、対応する駆動電極の対の間に設けられた圧電体（すなわち、対応する内側の駆動電極の対の間に設けられた内側圧電体）を備

える場合がある。１つ又は複数の外側圧電アクチュエータの各々は、対応する駆動電極の対の間に設けられた圧電体（すなわち、対応する外側の駆動電極の対の間に設けられた外側圧電体）を備える場合がある。しかしながら、内側アクチュエータ機構の圧電体を内側圧電体と呼ぶことにより、外側アクチュエータ機構が必然的に外側圧電体を備えるという意味はない（たとえば、外側アクチュエータ機構が非圧電性であり得る）ことが理解されよう。同様に、外側アクチュエータ機構の圧電体を外側圧電体と呼ぶことにより、内側アクチュエータ機構が必然的に内側圧電体を備えるという意味はない（たとえば、内側アクチュエータ機構が非圧電性であり得る）ことが理解されよう。

【００８１】

内側圧電体及び外側圧電体の両方が、同じ連続した圧電体のいくつかの部分から形成されている場合がある。別法として、内側圧電体及び外側圧電体は、別個の（すなわち、連続していない）圧電体である場合がある。内側圧電体及び外側圧電体は互いに間隔を空けて配置されている場合がある。

【００８２】

内側の駆動電極の対及び外側の駆動電極の対の両方が駆動回路に電気的に接続されている場合がある。駆動回路は、典型的には、内側の駆動電極の対の間に第１電位差を選択的に印加して（すなわち、作動したとき（たとえば、使用時に、電源（たとえば、電圧信号ライン）に接続され且つ作動信号に応答したとき））、第１方向において内側圧電体をたわませ、且つ、外側の駆動電極の対の間に第２電位差を印加して、前記第１方向と反対の第２方向において外側圧電体をたわませるように構成されている。

【００８３】

駆動回路は、液滴吐出器が使用中であり且つ電源（たとえば、電圧信号ライン）に接続されると、内側の駆動電極の対の間に第１電位差を印加して、第１向きにおいて内側圧電体を湾曲させ、且つ、外側の駆動電極の対の間に第２電位差を印加して、前記第１向きと反対の第２向きにおいて外側圧電体を湾曲させるように構成することができる。

【００８４】

第１電位差及び第２電位差は、典型的には、同様の（たとえば、同じ）大きさを有する。第１電位差及び第２電位差は、典型的には、反対の極性を有する。

【００８５】

内側の駆動電極の対及び外側の駆動電極の対のうちの１つ又は複数の電極は、基板と一体化された少なくとも１つの電子部品に電気的に接続されている場合がある。

【００８６】

１つ若しくは複数の内側圧電体（存在する場合）及び／又は１つ若しくは複数の外側圧電体（存在する場合）は、４５０℃未満の温度で処理可能な１種又は複数種の圧電材料を含む（たとえば、そうした圧電材料から形成されている）場合がある。

【００８７】

３００℃を超えると、集積された電子部品（たとえば、ＣＭＯＳ電子部品）は、典型的には、劣化し始め、デバイスの動作を損ない、効率を低下させる。４５０℃を超えると、集積された電子部品（たとえば、ＣＭＯＳ電子部品）は、典型的には、さらにより実質的に劣化する。したがって、４５０℃未満の温度で処理可能な圧電材料を使用することにより、前記電子部品に実質的な損傷を与えることなく圧電アクチュエータを処理し、（たとえば、駆動回路の）電子部品と一体化することができる。

【００８８】

１つ若しくは複数の内側圧電体及び／又は１つ若しくは複数の外側圧電体は、３００℃未満の温度で処理可能な１種又は複数種の圧電材料を含む（たとえば、そうした圧電材料から形成される）場合がある。３００℃未満の温度で処理可能な圧電材料を使用することにより、前記電子部品への損傷をさらに低減して圧電アクチュエータを処理し、（たとえば、駆動回路の）電子部品と一体化することができる。３００℃未満の温度で処理可能な圧電材料を使用することにより、典型的には、単一の基板での（たとえば、単一の基板ウエハからの）複数の流体吐出器の大量生産から機能デバイスのより高い歩留まりを達成す

ることができる。

【００８９】

圧電アクチュエータを電子部品（たとえば駆動電子装置）と一体化することにより、（典型的には、既存のデバイスにおいては、任意の圧電プリントヘッドマイクロチップとは別個に設けられる）別個の液滴吐出器駆動電子装置を設ける必要性が低減するか又はなくなる。したがって、１つのチップ上で多数の液滴吐出器を近接して集積することができ、それにより、チップ当たりのノズル数が増加し、プリントヘッドの全体的なサイズが低減し、既存の圧電プリントヘッドで達成可能であるより高いプリントヘッドノズルの密度が可能になる。単一のプリントヘッドチップ上での集積化に関連する他の利点としては、最終的な製造コストの削減、プリンタシステムのコストの削減、モジュール化、デバイスの信頼性、並びに冗長性及びスループットの改善等、プリンタシステムの改善が挙げられる。

【００９０】

４５０℃未満（又は３００℃未満）で処理可能な圧電材料は、典型的には、より高い温度での処理を必要とする圧電材料より不十分な圧電特性（たとえば、より低い圧電定数）を有する。たとえば、チタン酸ジルコン酸鉛（ＰＺＴ）等の高温処理可能な圧電材料から形成された圧電アクチュエータは、窒化アルミニウム（ＡｌＮ）等の低温処理可能な圧電材料から形成された圧電アクチュエータより、他のすべての要素が等しい場合、一桁大きい力を及ぼすことができる。

【００９１】

しかしながら、本発明者は、内側圧電アクチュエータ機構及び／又は外側圧電アクチュエータ機構を設けることにより、（特に、既存の圧電液滴吐出器に見られるように、圧電アクチュエータが流体チャンバ出口からより遠くに離れて流体チャンバの壁に設けられることと比較した場合）、低温処理可能な圧電材料の使用が可能になるのに十分に、液滴吐出器の液滴吐出効率を向上させることができることが分かった。低温処理可能な圧電材料の使用を可能にするのは本発明における液滴吐出器の特定の構造であり、その構造自体により、駆動電子装置との液滴吐出器の一体化が可能になる。

【００９２】

特に、内側の駆動電極の１つ又は複数の対の間の電界（すなわち、電位差）の印加により、典型的には、１つ又は複数の内側圧電アクチュエータの変形が誘起され、外側の駆動電極の１つ又は複数の対の間の電界（すなわち、電位差）の印加により、典型的には、１つ又は複数の外側圧電アクチュエータの変形が誘起され、これらの各変形により、ノズル形成層のノズル部分の非常に減衰した振動がもたらされる。ノズル形成層のノズル部分の振動により、流体チャンバ内の振動圧力場がもたらされ、流体チャンバ出口を通る液滴の吐出が駆動される。（流体チャンバ出口からより遠くに離れて設けられる流体チャンバの壁を変位させるのではなく）ノズル形成層のノズル部分を変位させることにより、流体の液滴の吐出のために必要な流体圧力が比較的小さくなり、したがって作動力が比較的小さくなり、それにより、より低い圧電定数を有する低温処理可能な圧電材料の使用が容易になる。

【００９３】

低温処理可能な圧電材料を含む圧電アクチュエータが及ぼす力は（高温処理可能な圧電材料を含む圧電アクチュエータを使用するデバイスと比較して）比較的小さいため、したがって、達成される流体圧力が比較的小さいため、プリントヘッド上の隣接する流体チャンバの間での（プリントヘッドを通って伝播する音波による）音響クロストークは低減する。圧力の低下により、流体圧縮率が低下し、音響クロストークの発生する可能性が低くなる。音響クロストークのレベルの低下により、印刷品質が低下することなく、プリントヘッド上の隣接する液滴吐出器のさらに近接した集積化が可能になる。

【００９４】

圧電材料の処理は、典型的には、前記圧電材料の堆積を含む。圧電材料の処理は、堆積後に圧電材料のさらなる処理（すなわち、堆積した圧電材料の堆積後処理、又は「後処理

」）も含むことができる。圧電材料の処理は、圧電材料の（すなわち、堆積後の）焼きなましを含むことができる。

【００９５】

４５０℃未満（又は３００℃未満）の温度で処理可能な圧電材料は、典型的には、４５０℃未満（又は３００℃未満）の温度で堆積可能な圧電材料である。４５０℃未満（又は３００℃未満）の温度で処理可能な圧電材料は、典型的には、４５０℃以上（又は３００℃以上）の温度でのいかなる堆積後処理（堆積後焼きなまし等）も必要としない。したがって、４５０℃未満（又は３００℃未満）の温度で処理可能な圧電材料は、典型的には、４５０℃未満（又は３００℃未満）の温度で（堆積の後に）焼きなまし可能な（すなわち、圧電体を圧電性にするために圧電材料の焼きなましが必要である場合）圧電材料である。

【００９６】

１種又は複数種の圧電材料は、典型的には、圧電アクチュエータが４５０℃未満（又は３００℃未満）の温度で製造可能であるように、４５０℃未満（又は３００℃未満）の温度で処理可能（たとえば、堆積可能、及び必要な場合は焼きなまし可能）である。４５０℃未満（又は３００℃未満）の温度での圧電アクチュエータの製造により、典型的には、基板と一体化された少なくとも１つの電子部品との圧電アクチュエータの一体化が可能になる。

【００９７】

したがって、１つ若しくは複数の内側圧電体及び／又は１つ若しくは複数の外側圧電体は、典型的には、４５０℃未満（又は３００℃未満）の温度で、（たとえば、１種又は複数種の圧電材料の堆積、及び必要な場合は焼きなましによって）形成可能である。

【００９８】

１種又は複数種の圧電材料は、典型的には、４５０℃未満（又は３００℃未満）の基板温度で処理可能（たとえば、堆積可能、及び必要な場合は焼きなまし可能）である。言い換えれば、基板の温度は、典型的には、１種又は複数種の圧電材料の処理（たとえば、堆積、及び必要な場合は焼きなまし）中に、４５０℃（又は３００℃）に達することも超えることもない。基板の温度は、典型的には、圧電体の形成中に、４５０℃（又は３００℃）に達することも超えることもない。基板の温度は、典型的には、圧電アクチュエータの製造中に、４５０℃（又は３００℃）に達することも超えることもない。基板の温度は、液滴吐出器（たとえば、液滴吐出器全体）の製造中に、４５０℃（又は３００℃）に達することも超えることもない場合がある。

【００９９】

１つ若しくは複数の内側圧電体及び／又は１つ若しくは複数の外側圧電体は、典型的には、１つ又は複数の（たとえば、低温）物理気相成長（ＰＶＤ）法によって堆積可能である（たとえば、堆積する）。１つ若しくは複数の内側圧電体及び／又は１つ若しくは複数の外側圧電体は、典型的には、４５０℃未満（又は、より好ましくは３００℃未満）の温度で（すなわち、基板温度で）、１つ又は複数の（たとえば、低温）物理気相成長法によって堆積可能である（たとえば、堆積する）。

【０１００】

１つ若しくは複数の内側圧電体及び／又は１つ若しくは複数の外側圧電体は、１種又は複数種の（たとえば、低温）ＰＶＤ堆積可能な圧電材料を含む（たとえば、そうした材料から形成される）場合がある。１つ若しくは複数の内側圧電体及び／又は１つ若しくは複数の外側圧電体は、１種又は複数種の（たとえば、低温）ＰＶＤ堆積した圧電材料を含む（たとえば、そうした材料から形成される）場合がある。

【０１０１】

物理気相成長法（たとえば、低温物理気相成長法）は、以下の堆積方法：陰極アーク蒸着、電子ビーム物理気相成長、蒸発堆積、パルスレーザー堆積、スパッタ堆積のうちの１つ又は複数を含むことができる。スパッタ堆積は、単一の又は複数のスパッタリングターゲットからの材料のスパッタリングを含むことができる。

【０１０２】
１種又は複数種の圧電材料は、典型的には、４５０℃未満（又は３００℃未満）の堆積温度を有する。１種又は複数種の圧電材料は、４５０℃未満（又は３００℃未満）のＰＶＤ堆積温度を有することができる。１種又は複数種の圧電材料は、４５０℃未満（又は３００℃未満）のスパッタリング温度を有することができる。１種又は複数種の圧電材料は、４５０℃未満（又は３００℃未満）の堆積後焼きなまし温度を有することができる。堆積温度、ＰＶＤ堆積温度、スパッタリング温度又は焼きなまし温度は、典型的には、それぞれのプロセス中の基板の温度であることが理解されよう。
【０１０３】
１つ若しくは複数の内側圧電体及び／又は１つ若しくは複数の外側圧電体は、１種の圧電材料を含み（たとえば、そうした材料から形成され）得る。別法として、１つ若しくは複数の内側圧電体及び／又は１つ若しくは複数の外側圧電体は、２種以上の圧電材料を含み（たとえば、そうした材料から形成され）得る。
【０１０４】
１つ若しくは複数の内側圧電体及び／又は１つ若しくは複数の外側圧電体は、アルミニウム及び窒素、並びに、任意選択的に、スカンジウム、イットリウム、チタン、マグネシウム、ハフニウム、ジルコニウム、スズ、クロム、ホウ素から選択された１種又は複数種の元素を含むセラミック材料を含み（たとえば、そうした材料から形成され）得る。
【０１０５】
１つ若しくは複数の内側圧電体及び／又は１つ若しくは複数の外側圧電体は、窒化アルミニウム（ＡｌＮ）を含み（たとえば、窒化アルミニウム（ＡｌＮ）から形成され）得る。
【０１０６】
１つ若しくは複数の内側圧電体及び／又は１つ若しくは複数の外側圧電体は、酸化亜鉛（ＺｎＯ）を含み（たとえば、酸化亜鉛（ＺｎＯ）から形成され）得る。
【０１０７】
１種又は複数種の圧電材料は、窒化アルミニウム及び／又は酸化亜鉛を含み（たとえば、窒化アルミニウム及び／又は酸化亜鉛から形成され）得る。
【０１０８】
窒化アルミニウムは、高純度窒化アルミニウムからなり得る。別法として、窒化アルミニウムは、１種又は複数種の他の元素を含むことができる（すなわち、窒化アルミニウムは、窒化アルミニウム化合物を含むことができる）。窒化アルミニウムは、以下の元素、すなわち、スカンジウム、イットリウム、チタン、マグネシウム、ハフニウム、ジルコニウム、スズ、クロム、ホウ素のうちの１種又は複数種を含むことができる。
【０１０９】
１つ若しくは複数の内側圧電体及び／又は１つ若しくは複数の外側圧電体は、窒化スカンジウムアルミニウム（ＳｃＡｌＮ）を含み（たとえば、窒化スカンジウムアルミニウム（ＳｃＡｌＮ）から形成され）得る。窒化スカンジウムアルミニウムにおけるスカンジウムのパーセンテージは、典型的には、製造性の限界内でd_{31}圧電定数を最適化するように選択される。たとえば、$Sc_xAl_{1-x}N$におけるｘの値は、典型的には、$0 < x \leqq 0.5$の範囲から選択される。スカンジウムの割合が大きくなると、典型的には、d_{31}の値が大きくなる（すなわち圧電効果が強くなる）。窒化スカンジウムアルミニウムにおけるスカンジウムの質量パーセント（すなわち、重量パーセント）は、典型的には、５％より大きい。窒化スカンジウムアルミニウムにおけるスカンジウムの質量パーセント（すなわち、重量パーセント）は、典型的には、１０％より大きい。窒化スカンジウムアルミニウムにおけるスカンジウムの質量パーセント（すなわち、重量パーセント）は、典型的には、２０％より大きい。窒化スカンジウムアルミニウムにおけるスカンジウムの質量パーセント（すなわち、重量パーセント）は、典型的には、３０％より大きい。窒化スカンジウムアルミニウムにおけるスカンジウムの質量パーセント（すなわち、重量パーセント）は、典型的には、４０％より大きい。窒化スカンジウムアルミニウムにおけるスカンジウムの質

量パーセント（すなわち、重量パーセント）は、５０％以下であり得る。

【０１１０】

窒化アルミニウム化合物（及び、特に、窒化スカンジウムアルミニウム）を含む窒化アルミニウム並びに酸化亜鉛は、４５０℃未満、又はより好ましくは３００℃未満の温度で堆積させることができる圧電材料である。窒化アルミニウム化合物（及び、特に、窒化スカンジウムアルミニウム）を含む窒化アルミニウム並びに酸化亜鉛は、４５０℃未満、又はより好ましくは３００℃未満の温度で、物理気相成長（たとえば、スパッタリング）によって堆積させることができる圧電材料である。窒化アルミニウム化合物（及び、特に、窒化スカンジウムアルミニウム）を含む窒化アルミニウム並びに酸化亜鉛は、典型的には堆積後の焼きなましを必要としない圧電材料である。

【０１１１】

１つ若しくは複数の内側圧電体及び／又は１つ若しくは複数の外側圧電体は、４５０℃未満、又はより好ましくは３００℃未満の温度での物理気相成長によって堆積した窒化アルミニウム（たとえば、窒化アルミニウム化合物、たとえば、窒化スカンジウムアルミニウム）及び／又は酸化亜鉛を含み（たとえば、そうしたものから形成され）得る。

【０１１２】

１つ若しくは複数の内側圧電体及び／又は１つ若しくは複数の外側圧電体は、１種又は複数種のＩＩＩ－Ｖ族及び／又はＩＩ－ＶＩ族半導体（すなわち、周期表のＩＩＩ族及びＶ族並びに／又はＩＩ族及びＶＩ族からの元素を含む化合物半導体）を含み（たとえば、それらから形成され）得る。こうしたＩＩＩ－Ｖ族及びＩＩ－ＶＩ族半導体は、典型的には、六角ウルツ鉱結晶構造（ｈｅｘａｇｏｎａｌ　ｗｕｒｔｚｉｔｅ　ｃｒｙｓｔａｌ　ｓｔｒｕｃｔｕｒｅ）に結晶化する。六角ウルツ鉱結晶構造に結晶化したＩＩＩ－Ｖ族及びＩＩ－ＶＩ族半導体は、典型的には、それらの非中心対称性の結晶構造に起因して圧電性である。

【０１１３】

１つ若しくは複数の内側圧電体及び／又は１つ若しくは複数の外側圧電体は、非強誘電性圧電材料を含み（たとえば、非強誘電性圧電材料から形成又は構成され）得る。１種又は複数種の圧電材料は、１種又は複数種の非強誘電性圧電材料であり得る。強誘電性材料は、典型的には、印加された強い電界の下で（すなわち、堆積後）極性調整を必要とする。非強誘電性圧電材料は、典型的には、極性調整を必要としない。

【０１１４】

１つ若しくは複数の内側圧電体及び／又は１つ若しくは複数の外側圧電体は、典型的には３０ｐＣ／Ｎ未満、又はより典型的には２０ｐＣ／Ｎ未満、又はさらにより典型的には１０ｐＣ／Ｎ未満の大きさを有する圧電定数d_{31}を有する。１種又は複数種の圧電材料は、典型的には、３０ｐＣ／Ｎ未満、又はより典型的には２０ｐＣ／Ｎ未満、又はさらにより典型的には１０ｐＣ／Ｎ未満の大きさを有する圧電定数d_{31}を有する。

【０１１５】

１種又は複数種の圧電材料は、典型的には、ＣＭＯＳ適合性がある。これにより、１種又は複数種の圧電材料は、典型的には、ＣＭＯＳ電子構造に損傷を与える物質を含まず、又は、典型的には、そうした物質を使用することなく処理可能（たとえば、堆積可能、及び必要な場合は焼きなまし可能）であることが理解されよう。たとえば、１種又は複数種の圧電材料の処理（たとえば、堆積、及び必要な場合は焼きなまし）は、典型的には、（塩酸等の）酸（たとえば、強酸）及び／又は（水酸化カリウム等の）アルカリ（たとえば、強アルカリ）の使用を含まない。

【０１１６】

ノズル形成層は、ノズルプレートを備える場合がある。ノズルプレートは、材料の単一の層から構成され得る。別法として、ノズルプレートは、（たとえば、異なる）材料の２つ以上の層の積層構造から構成され得る。ノズルプレートは、典型的には、各々、７０ＧＰａ～３００ＧＰａのヤング率（すなわち、引張弾性率）を有する１種又は複数種の材料から形成される。ノズルプレートは、二酸化珪素（SiO_2）、窒化珪素（Si_3N_4）、

炭化珪素（ＳｉＣ）、酸窒化珪素（SiO_xN_y）のうちの１種又は複数種から形成され得る。

【０１１７】

ノズル形成層は、電気相互接続層を備える場合がある。電気相互接続層は、典型的には、典型的には電気絶縁体によって包囲された１つ又は複数の電気接続部（たとえば、電気配線）を備える。１つ又は複数の電気接続部（たとえば、電気配線）は、典型的には、金属又は金属合金から形成されている。適切な金属としては、アルミニウム、銅及びタングステン、並びにそれらの合金が挙げられる。電気絶縁体は、典型的には、二酸化珪素（SiO_2）、窒化珪素（Si_3N_4）又は酸窒化珪素（SiO_xN_y）等の誘電材料から形成されている。

【０１１８】

電気相互接続層は、基板とノズルプレートとの間に設けられている（たとえば、形成されている）場合がある。電気相互接続層は、基板の第２面の上に設けられ（たとえば、形成され）、ノズルプレートは、電気相互接続層の上に設けられている（たとえば、形成されている）場合がある。ノズルプレートは、１つ又は複数のアパーチャを備えることができ、そこを通して、電気相互接続層への電気接続部を形成することができる。

【０１１９】

電気相互接続層のノズル部分は、ノズル形成層のノズル部分の少なくとも一部を形成している場合がある。電気相互接続層のノズル部分は誘電材料から構成されている場合がある。別法として、電気相互接続層は、ノズル形成層のノズル部分の一部を形成していない場合がある。

【０１２０】

内側の駆動電極の対及び外側の駆動電極の対は、典型的には、金属（チタン、白金、アルミニウム、タングステン又はそれらの合金等）の１つ又は複数の層を備える。内側の駆動電極の対及び外側の駆動電極の対は、積層することができる。たとえば、内側の駆動電極の対及び外側の駆動電極の対は、アルミニウム－モリブデン（Ａｌ／Ｍｂ）積層スタックから形成することができる。内側の駆動電極の対及び外側の駆動電極の対は、典型的には、４５０℃未満（又は、より典型的には、３００℃未満）の温度で（すなわち、基板温度で）、（たとえば、低温）ＰＶＤによって堆積する。

【０１２１】

内側の駆動電極の対及び外側の駆動電極の対のうちの１つ又は複数は、少なくとも１つの電子部品に電気的に接続されている場合がある。内側の駆動電極の対及び外側の駆動電極の対の各々は、少なくとも１つの電子部品に電気的に接続されている場合がある。

【０１２２】

液滴吐出器は、駆動回路を備えることができる。別法として、駆動回路は、液滴吐出器を備えるプリントヘッドの一部を形成することができる。駆動回路は、典型的には、内側アクチュエータ機構及び外側アクチュエータ機構を動作させるために必要な電位差を発生させる。

【０１２３】

液滴吐出器は、制御回路を備えることができる。別法として、制御回路は、液滴吐出器を備えるプリントヘッドの一部を形成することができる。制御回路は、典型的には、駆動回路を動作させるときを決定する。

【０１２４】

液滴吐出器が駆動回路を備える実施形態では、前記駆動回路は、典型的には、基板と一体化される。少なくとも１つの電子部品は、典型的には、駆動回路の一部を形成する。内側の駆動電極の対及び外側の駆動電極の対のうちの１つ又は複数は、駆動回路に電気的に接続されている場合がある。内側の駆動電極の対及び外側の駆動電極の対の各々は、駆動回路に電気的に接続されている場合がある。

【０１２５】

少なくとも１つの電子部品は、存在する場合、内側の駆動電極の１つ又は複数の対の間

に、（たとえば、可変）電位差（すなわち、電圧）を提供するように構成されている（すなわち、使用中に提供する）場合がある。少なくとも１つの電子部品は、内側の駆動電極の１つ又は複数の対の間の電位差（すなわち、電圧）を変化させるように構成されている（すなわち、使用中に変化させる）場合がある。

【０１２６】

少なくとも１つの電子部品は、存在する場合、外側の駆動電極の１つ又は複数の対の間に、（たとえば、可変）電位差（すなわち、電圧）を提供するように構成されている（すなわち、使用中に提供する）場合がある。少なくとも１つの電子部品は、外側の駆動電極の１つ又は複数の対の間の電位差（すなわち、電圧）を変化させるように構成されている（すなわち、使用中に変化させる）場合がある。

【０１２７】

少なくとも１つの電子部品は、内側の駆動電極の１つ又は複数の対の間に第１電位差を提供し、外側の駆動電極の１つ又は複数の対の間に第２電位差を提供するように構成されている場合がある。少なくとも１つの電子部品は、前記第１電位差及び第２電位差を同時に提供するように構成されている場合がある。第１電位差及び第２電位差は、典型的には、大きさが同様（たとえば、同じ）である。第１電位差及び第２電位差は、典型的には、反対の極性を有する。

【０１２８】

駆動回路は、基板と一体化されたＣＭＯＳ回路（たとえば、ＣＭＯＳ電子回路）を備えることができる。ＣＭＯＳ電子部品（たとえば、ＣＭＯＳ回路の一部を形成するＣＭＯＳ電子部品、すなわちＣＭＯＳ電子回路）は、典型的には、標準的なＣＭＯＳ製造方法によって基板上に形成される（たとえば、基板上で成長する）。たとえば、集積されたＣＭＯＳ電子部品は、以下の方法：物理気相成長、化学気相成長、電気化学堆積、分子線エピタキシー、原子層堆積、イオン注入、フォトパターニング、反応性イオンエッチング、プラズマ照射のうちの１つ又は複数を用いて堆積させることができる。

【０１２９】

液滴吐出器は、内側アクチュエータ機構及び外側アクチュエータ機構並びにノズル形成層を覆う保護層をさらに備える場合がある。保護層は、典型的には、化学的に不活性であり、不浸透性であり、且つ／又は流体撥水性（ｆｌｕｉｄ－ｒｅｐｅｌｌｅｎｔ）である。保護層は、低いヤング率（すなわち、引張弾性率）を有するべきである。保護層は、ノズル形成層（及び、特に、ノズルプレート）及び／又は圧電体のヤング率より実質的に小さいヤング率を有するべきである。保護層は、典型的には、５０ＧＰａ未満のヤング率を有する。保護層は、ポリイミド又はポリテトラフルオロエチレン（ＰＴＦＥ）等の１種又は複数種の高分子材料、ダイヤモンド状炭素（ＤＬＣ）、ネガ型若しくはポジ型フォトレジスト、又はエポキシ系フォトレジスト（Ｓｕ－８、ＢＣＢ等）、又はそれらの任意の組合せから形成することができる。保護層は、異なる流体湿潤特性を有するこうした異なる材料の２つ以上の層を含むことができる。

【０１３０】

液滴吐出器は、典型的には、モノリシックである。液滴吐出器は、典型的には、一体化されている（すなわち、一体型液滴吐出器である）。基板、ノズル形成層、アクチュエータ機構、流体チャンバ、（たとえば、駆動電子装置の）少なくとも１つの電子部品、及び保護層は、典型的には、一体化されている（すなわち、互いに統合されている）。液滴吐出器は、典型的には、基板、ノズル形成層、アクチュエータ機構、（たとえば、駆動電子装置の）少なくとも１つの電子部品及び保護層を、１つ又は複数の堆積プロセスを通して一体的に形成することによって製造される。液滴吐出器は、典型的には、１つ又は複数の個々に形成された構成要素（たとえば、個々に形成された基板、ノズル形成層、アクチュエータ機構、電子部品及び／又は保護層）を合わせて接合することによって製造されるものではない。

【０１３１】

基板の取付面は、流体チャンバと流体連通している流体入口アパーチャを備える場合が

ある。
【０１３２】
流体チャンバは、実質的に長尺状であり得る。流体チャンバは、典型的には、基板の取付面からノズル面まで延在している。流体チャンバは、典型的には、取付面及び／又はノズル面に対して実質的に垂直な方向に沿って延在している。流体チャンバは、典型的には、流体入口アパーチャと流体チャンバ出口との間に延在している。
【０１３３】
流体チャンバは、基板の平面を通る断面が実質的に円形状であり得る。流体チャンバは、基板の平面を通る断面が実質的に多角形であり得る（たとえば、流体チャンバは断面が実質的に正方形であり得る）。流体チャンバは、基板の平面を通る断面が多面であり得る。
【０１３４】
流体チャンバは、形状が実質的に角柱状であり得る。実質的に角柱状の流体チャンバの長手方向軸は、典型的には、取付面及び／又はノズル面に対して実質的に垂直な方向に沿って延在している。
【０１３５】
流体チャンバは、形状が実質的に円筒状であり得る。実質的に円筒状のチャンバの長手方向軸は、典型的には、取付面及び／又はノズル面に対して実質的に垂直な方向に沿って延在している。
【０１３６】
ノズル形成層のノズル部分は、典型的には、ノズル形成層の、流体チャンバを横切って延在し、それにより流体チャンバの少なくとも１つの壁を形成する部分である。
【０１３７】
ノズル形成層のノズル部分は、典型的には、基板を越えて突出し、したがって、基板とは独立して屈曲可能である。
【０１３８】
ノズル形成層のノズル部分は、実質的に環状である場合がある。
【０１３９】
流体チャンバは実質的に円筒状であり、ノズル形成層のノズル部分は実質的に環状である場合がある。
【０１４０】
流体チャンバは、典型的には、１つ又は複数の流体チャンバ壁によって境界が定められている。１つ又は複数の流体チャンバ壁のうちの少なくとも１つは、典型的には、基板の一部によって形成されている。１つ又は複数の流体チャンバ壁のうちの少なくとも１つは、典型的には、前記基板の取付面及び／又はノズル面に対して実質的に垂直に（すなわち、直交して）延在している。垂直な（すなわち、直交する）流体チャンバ壁により、典型的には、単一のプリントヘッド上に複数の隣接する流体チャンバ（及び、したがって、液滴吐出器）をより近接して詰め込むことができ、それによりノズル密度が上昇する。垂直な（すなわち、直交する）流体チャンバ壁は、典型的には、ボッシュ法等を使用する深掘反応性イオンエッチング（ＤＲＩＥ）法によって形成される。
【０１４１】
ノズル形成層のノズル部分の外周部は、実質的に多角形である場合がある。ノズル形成層のノズル部分の外周部は、多面である場合がある。ノズル形成層のノズル部分は菱形状であり得る。ノズル形成層のノズル部分は正方形状であり得る。しかしながら、ノズル形成層のノズル部分（たとえば、ノズル形成層の多角形、多面菱形状、及び／又は正方形状のノズル部分）は丸みを帯びた角部を有する場合がある。ノズル形成層のノズル部分は、典型的には、アパーチャを備える。アパーチャは実質的に円形であり得る。アパーチャは実質的に多角形であり得る。アパーチャは多面であり得る。
【０１４２】
流体チャンバは、基板の平面において断面がノズル形成層のノズル部分の形状と実質的

に同様の形状である場合がある。たとえば、ノズル形成層のノズル部分が、角部が丸みを帯びた正方形状である場合、流体チャンバは、断面が、角部が丸みを帯びた正方形状であり得る場合がある。

【０１４３】

ノズル形成層のノズル部分（すなわち、流体チャンバを横切って延在し、それにより流体チャンバの少なくとも１つの壁を形成するノズル形成層の部分）は、基板の平面における断面が流体チャンバの形状と実質的に同様な形状である場合がある。たとえば、流体チャンバが実質的に円筒状（すなわち、断面が実質的に円形）である場合、ノズル形成層のノズル部分の周辺部は、実質的に円形である。

【０１４４】

プリントヘッドは、インクジェットプリントヘッドであり得る。液滴吐出器は、インクジェットプリントヘッド用の（たとえば、インクジェットプリントヘッドで使用されるように構成された）液滴吐出器であり得る。液滴吐出器は、インクジェット液滴吐出器であり得る。

【０１４５】

プリントヘッドは、プリンテッドエレクトロニクスの製造において使用される機能性流体等の流体（すなわち、液体）を印刷するように構成され得る。

【０１４６】

プリントヘッドは、生物学的流体を印刷するように構成され得る。生物学的流体は、典型的には、生物学的巨大分子、たとえば、ＤＮＡ若しくはＲＮＡ等のポリヌクレオチド、微生物及び／又は酵素を含む。プリントヘッドは、希釈液又は試薬等、生物学又は生物工学の用途において使用される他の流体を印刷するように構成され得る。

【０１４７】

プリントヘッドは、ボクセルプリントヘッド（すなわち、３Ｄ印刷、たとえば、積層印刷（ａｄｄｉｔｉｖｅ　ｐｒｉｎｔｉｎｇ）において使用されるように構成されたプリントヘッド）であり得る。

【０１４８】

本発明の第２態様は、本発明の第１の態様による複数の液滴吐出器を備えるプリントヘッドを提供する。複数の液滴吐出器（たとえば、そのうちのいくつか又は各々）は、共通基板を共有する場合がある。たとえば、複数の液滴吐出器が前記共通基板上に集積化される場合がある。

【０１４９】

プリントヘッドは、インクジェットプリントヘッドであり得る。複数の液滴吐出器の各々は、インクジェット液滴吐出器であり得る。

【０１５０】

プリントヘッドは、プリンテッドエレクトロニクスの製造に使用されるため等、機能性流体を印刷するように構成され得る。

【０１５１】

プリントヘッドは、生物学的流体を印刷するように構成され得る。生物学的流体は、典型的には、生物学的巨大分子、たとえば、ＤＮＡ若しくはＲＮＡ等のポリヌクレオチド、微生物及び／又は酵素を含む。プリントヘッドは、希釈液又は試薬等、生物学又は生物工学の用途において使用される他の流体を印刷するように構成され得る。

【０１５２】

プリントヘッドは、ボクセルプリントヘッド（すなわち、３Ｄ印刷、たとえば、積層印刷に使用されるように構成されたプリントヘッド）であり得る。

【０１５３】

本発明の第３態様は、本発明の第２態様による１つ又は複数のプリントヘッドを備えるプリンタを提供する。

【０１５４】

本発明の第４の態様は、本発明の第１態様による液滴吐出器を作動させる方法を提供す

る。本方法は、典型的には、内側アクチュエータ機構を作動させ且つ／又は外側アクチュエータ機構を作動させ、それにより、ノズル形成層のノズル部分の少なくとも一部の変位、及び結果として流体チャンバから流体チャンバ出口を通る流体の吐出をもたらすステップを含む。

【０１５５】

液滴吐出器は内側アクチュエータ機構及び外側アクチュエータ機構を備える場合がある（すなわち、本方法は、取付面及び反対側のノズル面を有する基板と、基板のノズル面の少なくとも一部の上に形成されたノズル形成層と、少なくとも一部は基板により且つ少なくとも一部はノズル形成層により画定された流体チャンバであって、少なくとも一部はノズル形成層のノズル部分によって画定された流体チャンバ出口を有する流体チャンバと、ノズル形成層のノズル部分の少なくとも一部に形成された内側アクチュエータ機構と、内側アクチュエータ機構を少なくとも部分的に包囲するノズル形成層のノズル部分の少なくとも一部に形成された外側アクチュエータ機構とを備える液滴吐出器を作動させる方法である）。

【０１５６】

本方法は、内側アクチュエータ機構及び外側アクチュエータ機構の両方を作動させるステップを含む場合がある。内側アクチュエータ機構及び外側アクチュエータ機構の両方の作動により、典型的には、ノズル形成層のノズル部分の少なくとも一部の変位と、結果として流体チャンバから流体チャンバ出口を通る流体の吐出（すなわち、流体が流体チャンバに貯蔵されている場合）とがもたらされる。したがって、本方法は、典型的には、流体チャンバン内に流体（すなわち、液体）を提供するステップを含む。

【０１５７】

内側アクチュエータ機構を作動させるステップ及び外側アクチュエータ機構を作動させるステップは、典型的には、同時に（すなわち、同じ時点で）行われる。

【０１５８】

駆動回路は、典型的には、内側アクチュエータ機構及び外側アクチュエータ機構の両方を作動させる。

【０１５９】

内側アクチュエータ機構が１つ又は複数の内側圧電アクチュエータを備える実施形態では、本方法は、内側の駆動電極の１つ又は複数の対の間に第１電位差（すなわち、電圧）を印加して１つ又は複数の内側圧電体のたわみをもたらすステップを含む場合がある。外側アクチュエータ機構が１つ又は複数の外内側圧電アクチュエータを備える実施形態では、本方法は、外側の駆動電極の１つ又は複数の対の間に第２電位差（すなわち、電圧）を印加して１つ又は複数の外側圧電体のたわみをもたらすステップを含む場合がある。本方法は、第１電位差及び第２電位差を同時に（すなわち、同じ時点で）印加するステップを含む場合がある。駆動回路が、典型的には、第１電位差及び第２電位差を印加する。

【０１６０】

第１電位差及び第２電位差は同様の（たとえば、同じ）大きさを有する場合がある。第１電位差及び第２電位差は反対の極性を有する場合がある。反対の極性を有する第１電位差及び第２電位差の印加により、典型的には、内側圧電体及び外側圧電体が反対方向にたわむことになる。

【０１６１】

本方法は、第１に、内側アクチュエータ機構及び外側アクチュエータ機構を作動させて、第１方向におけるノズル形成層のノズル部分の少なくとも一部のたわみをもたらすステップと、第２に、内側アクチュエータ機構及び外側アクチュエータ機構を作動させて、前記第１方向とは反対の第２方向におけるノズル形成層のノズル部分の少なくとも一部のたわみをもたらすステップとを含む場合がある。ノズル形成層の第１方向におけるたわみにより、典型的には、流体が流体チャンバ内に引き込まれ、ノズル形成層の第２方向におけるたわみにより、典型的には、流体チャンバから流体チャンバ出口を通って流体が吐出される。ノズル形成層が第２方向におけるたわみの前に第１方向にたわむことにより、典型

的には、吐出時により大きい距離を通るノズル部分の変位により、流体に対してより大きい吐出力を及ぼすことも可能になる。

【０１６２】

本発明の任意の１つの態様の任意選択的な又は好ましい特徴は、本発明の任意の他の態様の任意選択的な又は好ましい特徴であり得る。

【０１６３】

ここで、以下の図面を参照して本発明の実施形態例について説明する。

【図面の簡単な説明】

【０１６４】

【図１】第１実施形態による一体された流体素子（ｆｌｕｉｄｉｃｓ）、電子回路、ノズル及びアクチュエータを含むモノリシック流体液滴吐出器デバイスの図である。

【図２】図１に示す線Ｆ２に沿ったモノリシック液滴吐出器デバイスの断面図である。

【図３】保護コーティングが取り除かれた状態にある図１に示すモノリシック液滴吐出器の特徴を示すノズルの平面図である。

【図４（ａ）－（ｂ）】図１の液滴吐出器デバイスに対する駆動パルスの実施態様の概略図である。

【図５】図１の液滴吐出器デバイスを製造する製造プロセスフローの概略図である。

【図６】本発明の第２実施形態例による電極構造の代替実施態様を示す断面図である。

【図７】図６の液滴吐出器デバイスに対する代替的な駆動パルスの実施態様を示す概略図である。

【図８】本発明の第３実施形態例によるノズル構造の代替実施態様の断面を示す概略図である。

【図９】本発明の第４実施形態例によるボンドパッド構造の代替実施態様を示す断面図である。

【図１０】図１、図６、図８又は図９の液滴吐出器デバイスのうちの任意のものの作動時のノズル構造を通る断面図である。

【図１１】本発明の第５実施形態例による内側アクチュエータ機構のみを有する代替的なモノリシック液滴吐出器を示す断面図及び平面図の両方を提供する。

【図１２】図１１の液滴吐出器デバイスの作動時のノズル構造を通る断面図である。

【図１３】本発明の第６実施形態例による外側アクチュエータ機構のみを有する代替的なモノリシック液滴吐出器を示す断面図及び平面図両方を提供する。

【図１４】図１３の液滴吐出器デバイスの作動時のノズル構造を通る断面図である。

【図１５】アクチュエータ機構の位置に応じた液滴吐出器デバイスダイヤフラムによって掃引された容積を示すプロットである。

【図１６】作動時の図１、図６、図８、図９、図１１及び図１３による液滴吐出器デバイスのダイヤフラムがとる形状を３Ｄで示す。

【図１７】４つの異なる作動実施態様に対する液滴吐出器ダイヤフラムのたわみを示すプロットである。

【図１８】ダイヤフラム上のアクチュエータ機構の位置に応じた２つの異なるアクチュエータ構成に対する液滴吐出器ダイヤフラムのたわみを示すプロットである。

【図１９】原文には記載なし。

【発明を実施するための形態】

【０１６５】

第１実施形態例

図１～図５並びに図１０及び図１１を参照して、第１実施形態例について説明する。

【０１６６】

図１は、本発明の第１実施形態例による一体された流体素子、電子回路、ノズル及びアクチュエータを含むモノリシック流体液滴吐出器デバイス１を示す。図２は、図１に示す線Ｆ２に沿ったモノリシック液滴吐出器デバイス１の断面図である。

【０１６７】

図１及び図２に示すように、流体液滴吐出器デバイスは、基板１００、流体入口チャネル１０１、電子回路２００、配線を備える相互接続層３００、内側圧電アクチュエータ４００、外側圧電アクチュエータ４５０、ノズルプレート５００、保護前面６００、ノズル６０１及びボンドパッド７００を含むモノリシックチップである。図１は、ボンドパッド領域１０２及びノズル領域１０３を示す。

【０１６８】

基板１００は、厚さが、典型的には、２０～１０００マイクロメートルの間である。相互接続層３００、内側圧電アクチュエータ４００、外側圧電アクチュエータ４５０、ノズルプレート５００及び保護前面６００は、厚さが、典型的には、０．５～５マイクロメートルである。ノズル６０１は、直径が、典型的には、３～５０マイクロメートルの間である。流体入口チャネル１０３は、５０～８００マイクロメートルの特徴的な寸法を有する。

【０１６９】

図１に示すモノリシックチップは、４列のノズルを備える。各列は、交互パターンで隣の列に対してずれている。異なる構成において任意の数のノズル列が可能である。チップ上でのノズルの配置は、目標印刷密度（すなわち、１インチ当たりのドット数（ｄｐｉ：ｄｏｔｓ ｐｅｒ ｉｎｃｈ））、目標噴射頻度（ｔａｒｇｅｔ ｆｉｒｉｎｇ ｆｒｅｑｕｅｎｃｙ）及び／又は目標印刷速度を達成するように構成されている。特定の印刷要件を満たす広範囲の異なるノズル構成が可能である。異なるプリントヘッドノズル構成は、個々のノズル並びにノズルに固有の駆動電子回路２０１及び２０２を配置することによってもたらされる。

【０１７０】

基板１００は、シリコンウエハから形成され、支持体１０２、流体入口チャネル１０１及び電子回路２００を備える。

【０１７１】

流体入口チャネル１０１は、１つの面において流体入口１０３に開口部があるように基板１００の厚さを通して形成され、他方の端部において、ノズルプレート５００及びノズル６０１によって終端している。流体入口チャネル１０１の壁は、基板１００及び相互接続層３００を通して同様の断面を有している。流体入口チャネル１０１は、実質的に円筒状（すなわち、基板の平面における断面が実質的に円形）である。ノズルプレートとの境界面及び流体入口境界面における流体入口チャネル１０１の角部は、応力集中を最小化するように丸みを帯びている。

【０１７２】

電子回路２００は、基板１００の、流体入口１０３を含む面とは反対側の面の上に形成されている。電子回路２００は、デジタル及び／又はアナログ回路を含むことができる。電子回路の部分２０１及び２０２は、相互接続層３００を貫通する配線３０１及び３０２によって、内側圧電アクチュエータ４００及び外側圧電アクチュエータ４５０に直接接続され、駆動波形の印加を最適化するためにアクチュエータ４００及び４５０に近接して位置している。電極アクチュエータ配線相互接続部３０１及び３０２は、連続的な単一の構築物であり得るか、又は配線の複数の層から構築され得る。駆動電子装置は、圧電アクチュエータに設定電圧又は整形電圧を、設定期間、印加するように構成することができる。

【０１７３】

電子回路の部分２０３は、モノリシック液滴吐出器デバイス全体の全体的な動作に関連し、アクチュエータ駆動回路２０１及び２０２とは別個に位置することができる。チップの全般的な動作に関連する回路２０３は、データルーティング、認証、チップ監視（たとえば、チップ温度監視）、使用年数管理、歩留まり情報処理及び／又は不良ノズル監視等の広範囲の機能を行うことができる。回路２０３は、相互接続層３００を通してボンドパッド７００並びに所定の電極駆動回路２０１及び２０２に接続されている。チップ駆動電子装置２０３は、データキャッシング、データルーティング、バス管理、汎用ロジック、同期、セキュリティ、認証、電力ルーティング及び／又は入出力等の異なる機能を実施す

るように構成されたアナログ及び／又はデジタル回路を含むことができる。チップ駆動電子装置２０３は、タイミング回路、インタフェース回路、センサ及び／又は時計等の回路部品を備えることができる。

【０１７４】

チップの異なるセクション、たとえば、ノズル列の間又はチップの周辺部の辺りに位置する、いくつかの汎用駆動電子装置エリアがあり得る。

【０１７５】

電子駆動回路は、２００ＣＭＯＳ駆動回路を含む。

【０１７６】

相互接続層３００は、電子回路２００及び基板１００の上に直接形成され、電気絶縁体及び配線を備える。相互接続層３００における配線は、チップ電子回路２０３をボンドパッド７００とアクチュエータ電極駆動回路２０１及び２０２との両方に接続する。相互接続層３００は、ノズルの間、チップの周辺部の辺り及び／又は駆動電子装置の上にルーティングされる電力及びデータのルーティング配線を含む。相互接続層３００は、典型的には、異なる配線路を有する複数の層を備える。

【０１７７】

ノズルプレート５００は、相互接続層３００の上に形成されている。ノズルプレート５００は、単一の材料又は複数の材料の積層体のいずれかから形成されている。ノズルプレート５００は、チップの前面にわたって連続的であり、下方の相互接続層３００と上方のアクチュエータ電極４０１との間の配線のための電気的開口部を有する。

【０１７８】

ノズルプレート５００は、堆積温度、組成、化学的処理ステップに関してＣＭＯＳ電子駆動回路２００とともに製造可能でなければならない１種又は複数種の材料から形成されている。ノズルプレート材料はまた、化学的に安定しているとともに、噴射される流体に対して不浸透性でなければならない。ノズルプレート材料はまた、圧電アクチュエータの機能に適合していなければならない。たとえば、好適な材料のヤング率は、７０ＧＰａ～３００ＧＰａの範囲にある。しかしながら、ヤング率のばらつきは、ノズルプレート５００の厚さを変更することによって適応することができる。ノズルプレート材料例としては、二酸化珪素（SiO_2）、窒化珪素（Si_3N_4）、炭化珪素（ＳｉＣ）及び酸窒化珪素（SiO_xN_y）のうちの（たとえば、それらの組合せ及び／又は積層体を含む）１種又は複数種を含む。

【０１７９】

各外側圧電アクチュエータ４５０は、第１電極４５１、圧電層４５２及び第２電極４５３の積層体を備える。第１電極４５１は、ノズルプレート５００に取り付けられている。圧電層４５２は、第１電極４５１に取り付けられている。第２電極４０３は、第１電極取付面とは反対側の圧電層表面に取り付けられている。第１電極４５１は、相互接続層３００における配線接続部３０１に電気的に接続されている。第２電極４５３は、相互接続層３００における配線接続部３０２に電気的に接続されている。第１電極４５１及び第２電極４５３は、互いから電気的に絶縁されている。

【０１８０】

各内側圧電アクチュエータ４００は、第１電極４０１、圧電層４０２及び第２電極４０３の積層体を備える。第１電極４０１は、ノズルプレート５００に取り付けられている。圧電層４０２は、第１電極４０１に取り付けられている。第２電極４０３は、第１電極取付面とは反対側の圧電層表面に取り付けられている。第１電極４０１は、外側圧電アクチュエータの第２電極４５３に電気的に接続されている。第２電極４０３は、外側圧電アクチュエータの第１電極４５１に電気的に接続されている。内側圧電アクチュエータの第１電極４０１及び第２電極４０３は、互いから電気的に絶縁されている。

【０１８１】

電極材料は、導電性であり、典型的には、チタン（Ｔｉ）、アルミニウム（Ａｌ）、チタン－アルミナイド（ＴｉＡＬ）、タングステン（Ｗ）若しくは白金（Ｐｔ）、又はそれ

らの合金等の金属又は金属間化合物から形成されている。これらの材料は、（堆積温度及び化学プロセス適合性に関して）ＣＭＯＳ駆動回路及び圧電層とともに製造可能である。

【０１８２】

圧電層４０２及び４５２は、ＣＭＯＳ及び相互接続回路の製造と適合性があるように選択された材料から形成されている。ＣＭＯＳ駆動回路は、典型的には、最大約４５０℃の温度に耐えることができる。しかしながら、歩留まりの高い製造には、はるかに低いピーク製造温度、典型的には３００℃の温度が必要である。ＣＭＯＳ駆動電子装置をある期間にわたり複数の温度にさらす堆積方法は、性能を劣化させる可能性があり、典型的には、ドーパント可動性及び相互接続層内の配線の劣化に影響を与える。温度限界により、圧電層の堆積方法が制限される。好適な圧電材料としては、窒化アルミニウム（ＡｌＮ）、窒化アルミニウム化合物（特に、窒化スカンジウムアルミニウム（ＳｃＡｌＮ））及び酸化亜鉛（ＺｎＯ）が挙げられ、これらはＣＭＯＳ電子回路に適合性がある。圧電材料の組成は、圧電特性を最適化するように選択される。たとえば、窒化アルミニウム化合物における任意の添加元素の濃度（窒化スカンジウムアルミニウムにおけるスカンジウムの濃度等）は、典型的には、d_{31}圧電定数の大きさを最適化するように選択される。窒化スカンジウムアルミニウムにおけるスカンジウムの濃度が高いほど、通常、d_{31}の値は大きくなる。窒化スカンジウムアルミニウムにおけるスカンジウムの質量パーセントは、５０％程度に高い可能性がある。

【０１８３】

圧電アクチュエータ材料は、ノズルプレート５００の表面にわたって連続的ではない。圧電材料は、主にノズルプレートの上に位置し、電極開口部４０４及びノズルの周囲の領域４０５を含む複数の開口部を含む。

【０１８４】

保護前面６００は、液滴吐出器デバイス１００の外面に形成され、圧電層４０２及び４５２、電極４０１、４０３、４５１及び４５３並びにノズルプレート５００を覆う。保護前面は、ノズル６０１のための開口部及びボンドパッド７００のための開口部を有する。保護前面材料は、化学的に不活性であり、不浸透性である。保護前面材料はまた、吐出される流体に対して撥水性であり得る。保護前面材料の機械的特性は、圧電アクチュエータ４００及び４５０並びにノズルプレート５００の押出し作用に対する影響を最小限するように注意深く選択される。保護前面材料は、たとえば処理温度及び化学プロセス適合性に関して、ＣＭＯＳ適合性プロセスフローによって製造可能であるように選択される。保護前面６００は、電極又は圧電層のいずれとの流体の接触も防止する。好適な保護前面材料としては、ポリイミド、ポリテトラフルオロエチレン（ＰＴＦＥ）、ダイヤモンド状炭素（ＤＬＣ）又は関連する材料が挙げられる。

【０１８５】

図３は、第１実施形態による、保護コーティング６００が取り除かれた状態にあるモノリシック液滴吐出器構造１の特徴を示すノズルの平面図である。破線は、圧電内側アクチュエータ４００及び外側圧電アクチュエータ４５０に関する流体入口１０３の下にある位置を示す。

【０１８６】

使用時、流体液滴吐出器デバイス１は、流体入口１０３に流体を供給することができる基板の上に取り付けられる。流体圧は、典型的には、流体入口１０３においてわずかに負圧であり、流体入口チャネル１０１は、典型的には、表面張力によって駆動される毛細管現象によって「プライミングされ」又は流体で充填される。流体入口１０３がプライミングされると、ノズル６０１は、毛細管現象によって保護前面６００の外面までプライミングされる。流体は、負の流体圧とノズル６０１の幾何学的形状との組合せにより、ノズル６０１を通過して保護面６００の外面の上まで移動することはない。

【０１８７】

アクチュエータ駆動回路２０１及び２０２は、駆動回路２０３全体からのタイミング信号に従って、駆動電極４０１、４０３、４５１及び４５３への電圧パルスの印加を制御す

る。圧電材料層４０２及び４５２にわたる電極電圧の印加により２つの電界が生じる。この電界により、圧電材料層４０２及び４５２が変形する。この変形は、材料における極性の局所方向に対する電界の向きに応じて引張ひずみ又は圧縮ひずみのいずれかであり得る。圧電材料４０２及び４５２の伸張又は収縮よってもたらされる誘起されたひずみは、典型的には、ノズルプレート５００、圧電アクチュエータ４００及び４５０並びに保護前層６００の厚さを通してひずみ勾配を誘起し、中立位置に対してノズルプレートを移動又は変位させる。

【０１８８】

圧電材料の圧電特性は、一部には横圧電定数d_{31}によって特徴付けることができる。d_{31}は、第１方向において圧電材料にわたって印加される電界を、前記第１方向に対して垂直な第２方向に沿って圧電材料において誘起されたひずみに関連付ける、圧電係数テンソルの特定の成分である。図示する圧電アクチュエータ４００及び４５０は、印加された電界が、電界が印加された方向に対して垂直な方向において材料層にひずみを誘起するように構成され、したがって、d_{31}定数によって特徴付けられる。

【０１８９】

圧電材料層４０２及び４５２の両方の均一な厚さ及び組成により、且つ、電極４０３及び４５１と電極４０１及び４５３との間の電気交差接続により、定電圧又は電圧パルスの印加によって、内側アクチュエータ層にわたって第１電位差が印加され、外側アクチュエータ層にわたって第２電位差が印加されることになり、第１電位差及び第２電位差は、大きさは等しいが極性が反対である。言い換えれば、内側アクチュエータ圧電層にわたって電界E_1が引き起こされ、外側アクチュエータ圧電層にわたって電界E_2が引き起こされ、E_1及びE_2は、大きさは等しいが反対方向に作用する。E_1及びE_2が反対方向に作用するため、内側アクチュエータ層及び外側アクチュエータ層は反対の向きに変形する。E_1及びE_2の極性に応じて、ノズルプレート５００の変位Ｘは、中立位置（すなわち、電界が印加されてないとき）に対して正又は負のいずれかである。図４（ａ）の上部に、ノズルプレートの正の変位を示し、その図の下部に、ノズルプレートの負の変位を示す。

【０１９０】

パルス状の電界の印加により、ノズルプレート５００の振動をもたらすことができる。ノズルプレートのこの振動により、典型的には、ノズルプレート５００の下の流体入口１０３に圧力が誘起され、ノズル６０１から液滴が吐出される。ノズルプレートの振動の振動数及び振幅は、主に、ノズルプレート５００、圧電アクチュエータ４００及び４５０、保護層６００の質量及び剛性、流体特性（たとえば、流体密度、流体粘度（ニュートン粘度又は非ニュートン粘度のいずれか）及び表面張力）、ノズル及び流体入口の幾何学的形状、並びに両駆動パルスの構成の関数である。

【０１９１】

図４（ａ）及び図４（ｂ）は、２つの駆動パルスの実施態様を示す。図には、内側アクチュエータ電極４０１及び４０３にわたる電圧パルスを示す。大きさは等しいが極性が反対である電圧パルスが、外側アクチュエータ電極４５１及び４５３にわたって同時に印加されていることが理解されよう。

【０１９２】

第１実施態様では、図４（ａ）の上部に示すように、電極対にわたる定常電界又はＤＣ電界の印加により、圧電層４０２及び４５２における歪みと、流体入口から離れる方向のノズルプレートの定常たわみとがもたらされる。ノズルプレートの下の流体圧は、流体入口供給圧力と同じである。ひずみエネルギーは、ノズルプレート５００、圧電アクチュエータ４００及び４５０並びに保護層６００に蓄積される。

【０１９３】

そして、図４（ａ）の下部に示すように、電界が除去され、逆向きの電界パルスが印加される。これにより、蓄積されたひずみエネルギーの解放と、反対方向における圧電材料のさらなる歪みとの両方がもたらされる。ノズルプレートは、流体入口に向かって移動し

、これにより、流体入口及びノズル領域における正圧と、ノズル６０１からの液滴吐出とがもたらされる。逆向きの電界パルスは、ＤＣ電界の除去の直後に、又はわずかに遅延した時間で印加することができる。

【０１９４】

圧電材料にわたる電界の最終的な除去により、ノズルプレート５００はひずみが誘起されていない中立位置に戻る。

【０１９５】

内側アクチュエータ及び外側アクチュエータにわたる反対の極性の電界の印加により、ノズルプレートが図１０に示す形状に変形する。内側アクチュエータの領域におけるノズルプレートは、外側アクチュエータの領域におけるノズルプレートの湾曲に対して反対の向きに湾曲し、それにより、Ｓ字状断面がもたらされる。この特定の形状により、ノズルプレートが１つの向きのみの湾曲をもたらす１つのアクチュエータのみによって提供される場合に達成可能な変位と比較した場合、中立位置からのノズルプレートのノズル部分の最大変位が著しく増大する。中立位置から離れる方向のノズルプレートの最大変位を増大させることにより、印加された電界が除去されるか又はその極性が反転したとき、はるかに大きい吐出力を及ぼすことができる。これにより、発生させることができる力が低いことに起因してインクジェットプリンタでの使用には好適でないと通常みなされる、低いd_{31}定数を有する圧電材料の使用が可能になる。これらの低d_{31}材料は、通常、より低い温
度で処理可能であり、液滴吐出器のＣＭＯＳ部品とのより近接した一体を可能にする。より大きい吐出力が達成可能であることにより、吐出器サイズ全体を縮小することも可能であり、それにより、プリントヘッドノズル密度の増大が可能になる。

【０１９６】

第２実施態様では、図４（ｂ）に示すようなパルス電界構成とともに、図４（ａ）に記載したＤＣ電界構成。これには、より長い期間にわたって、任意の印加されたひずみ効果を最小化するという利点がある。電界パルスの切換え印加のタイミングにより、２重パルス化手法のさらなる利点が可能になる。第１パルスの印加は、図４（ｂ）の上部に示すように、流体入口から離れる方向のノズルプレートの初期移動を伴う振動が誘起される。この振動により、ノズルプレートの下に負の流体圧が生じ、これにより、ノズルに向かう正味の流体流が生じ、これが、ノズルを通る流体吐出流をさらに増大させることができる。

【０１９７】

図５は、液滴吐出器デバイスの製造プロセスフローを示す概略図である。図５（ａ）に示すように、第１製造ステップは、シリコンウエハ基板の表面上に駆動回路及び相互接続層３００、たとえば、ＣＭＯＳ駆動回路及び相互接続部を作成することである。ＣＭＯＳ駆動回路は、標準的なプロセス、たとえば、ｐ型又はｎ型基板上へのイオン注入、及び、それに続く、標準的なＣＭＯＳ製造プロセス（たとえば、イオン注入、化学気相成長（ＣＶＤ）、物理気相成長（ＰＶＤ）、エッチング、化学機械平坦化（ＣＭＰ）及び／又は電気めっき）による配線相互接続層の作成によって形成される。

【０１９８】

後続する製造ステップは、モノリシック液滴吐出器デバイスの特徴及び構造を規定するように実施される。後続するステップは、先行するステップで形成された構造に損傷を与えないように選択される。重要な製造パラメータは、ピーク処理温度である。高温でのＣＭＯＳの処理に関する問題としては、ドーパント可動性及び相互接続配線機構の劣化が挙げられる。ＣＭＯＳ電子回路は、４５０℃の温度に耐えることが知られている。しかしながら、高い歩留まりのためには、はるかに低い（すなわち、３００℃未満の）温度が望ましい。

【０１９９】

図５（ｂ）に示すように、ノズルプレート５００、圧電アクチュエータ４００及び４５０、保護層６００並びにボンドパッド７００は、相互接続層の上に形成される。

【０２００】

ノズルプレート５００は、ＣＶＤ又はＰＶＤ処理を使用して堆積させる。

【０２０１】

ＣＭＯＳ適合性圧電材料４０２及び４５２の形成は、これはアクチュエータの重要な駆動要素であるため、特に重要である。表１は、いくつかの一般的な圧電材料及びそれらに関連する製造方法を、典型的なd_{31}値とともに列挙している。最も高いd_{31}値を有する材
料は、モノリシックＣＭＯＳ構造の製造に適合しないことが分かる。ＣＭＯＳ構造に適合する材料は低いd_{31}値を有し、このため、はるかに低い押出し能力を有する。

【０２０２】

表から分かるように、チタン酸ジルコン酸鉛（ＰＺＴ）は、ＰＶＤ（スパッタリングを含む）によって低温で堆積させることができるが、それに続いて、ＣＭＯＳに対して許容可能な温度を超える温度で後処理の焼きなましを必要とする。ＰＺＴはまた、ゾルゲル法によって堆積させることも可能であるが、この場合もまたＣＭＯＳの限界を超える高温焼きなましが必要である。ＰＺＴはまた、非常に低速に堆積し、商業的に実行可能ではない。ＰＺＴはさらに鉛を含有し、これは環境的に望ましくない。

【０２０３】

ＺｎＯ、ＡｌＮ及びＡｌＮ化合物（ＳｃＡｌＮ等）材料は、焼きなまし等の後処理を必要としない低温ＰＶＤ（たとえば、スパッタリング）処理を使用して堆積させることができる。これらの材料はまた、極性調整も必要としない。極性調整ステップは、ＰＺＴでは必要であり、その場合、材料は、すべての電気双極子を電界の方向に向ける非常に強い電界に晒される。

【０２０４】

したがって、ＺｎＯ、ＡｌＮ及びＡｌＮ化合物（たとえば、ＳｃＡｌＮ）材料は、モノリシック液滴吐出器デバイスの製造のために商業的に実行可能な材料である。しかしながら、これらの材料のd_{31}の値は、ＰＺＴのものよりも著しく低い。吐出効率を向上させるノズルの特定の構成（すなわち、作動可能なノズルプレート）と、作動効率を向上させる２つの対の制御電極の使用とが、これらの材料に関連するより低いd_{31}値を相殺する。

【０２０５】

アクチュエータ電極材料は、ＰＶＤ（低温スパッタリングを含む）等のＣＭＯＳ適合性プロセスを使用して堆積させる。典型的な電極材料としては、チタン（Ｔｉ）、白金（Ｐｔ）、アルミニウム（Ａｌ）、タングステン（Ｗ）、モリブデン（Ｍｏ）又はそれらの合金を挙げることができる。電極は、標準的なパターニング及びエッチング方法によって画定される。

【０２０６】

保護材料は、（ポリイミド又は他の高分子材料に好適な）スピンオン及びキュア法（ｓｐｉｎ ｏｎ ａｎｄ ｃｕｒｅ ｍｅｔｈｏｄ）を使用して堆積させ、パターニングすることができる。ＰＴＦＥ等のいくつかの材料は、より固有の堆積及びパターニング手法を必要とする場合がある。

【０２０７】

ボンドパッドは、ＣＶＤ又はＰＶＤ（たとえば、スパッタリング）等の方法を使用して堆積させる。

【０２０８】

図５（ｃ）に示すように、流体入口チャネルは、高アスペクト比の深掘反応性イオンエッチング（ＤＲＩＥ）法を使用して画定される。流体入口は、ウエハ表裏面位置合わせ器具を使用してノズル構造と位置合わせされる。表裏面位置合わせ及びエッチングステップ中、ウエハをハンドルウエハの上に取り付けることができる。

【０２０９】

ダイを個片化するためにもＤＲＩＥ手法を使用することができるが、ウエハソー等の他の手法も使用することができる。

【０２１０】

第２実施形態例

図６は、電極構造の代替実施態様を示す断面図である。この実施形態では、電極４０３及び４５３は、配線３０２によって、駆動回路ではなく接地ライン２０４に接続されている。接地ライン２０４は、相互接続層３００内に位置し、駆動回路領域２０３に接続され、又は接地されたボンドパッド７００に直接に接続されている。

【０２１１】

第３実施形態例

図７は、この液滴吐出器デバイスに適合する代替的な駆動パルス実施態様を示す概略図である。図７に示すような電圧パルスが、各電極対の一方の電極のみ、たとえば４０１及び４５３に印加される、これにより、圧電アクチュエータ４００及び４５０を通る電界が生じ、この電界によって、ノズルプレート５００が全体的に下向きに変位する。駆動パルスが電極４０３及び４５１に印加され、接地電圧が電極４０１及び４５３に印加されるようにデバイスを構成することも可能である。

【０２１２】

第４実施形態例

図８は、ノズル構造の代替実施態様の断面を示す概略図であり、流体入口１０１の近傍でノズルプレート層５００に取り付けられた相互接続層３０４の拡張を示す。相互接続層の拡張部３０４は、いかなる配線もなしに、誘電材料のみを含むことができる。別の変形では、デバイスはノズルプレート層を有しておらず、圧電アクチュエータに取り付けられた相互接続層のみを有する。

【０２１３】

第５実施形態例

図９は、ボンドパッド構造の代替実施態様を示す断面図である。保護前面は、ボンドパッド７０１の近傍で取り除かれている。この幾何学的形状により、外部配線機構のアクセス性が向上し、チップの高さより上方のワイヤボンディングの全体的な高さが低減する。

【０２１４】

第６及び第７実施形態例

図１１は、流体出口６０１に隣接する内側圧電アクチュエータ４００のみを含むノズル構造の代替実施態様の断面図及び平面図を示す概略図である。この実施形態では、圧電材料は、電極４０１及び４０２の間にのみ延在し、ノズルプレート層５００の残りの部分の上の電極を越えて延在していない（すなわち、外側圧電アクチュエータが位置すると予期され得る領域４５０内には延在していない）。

【０２１５】

内側アクチュエータにわたる電界の印加により、ノズルプレートは、図１２に示す形状に変形する。内側アクチュエータの作動により、ノズルプレートの内側部分は第１向きに湾曲する。それに応じてノズルプレートの外側部分は反対の向きに湾曲し、その結果Ｓ字状断面となる。この特定の形状により、ノズルプレートに、通常１つの向きにのみ湾曲をもたらす、ノズルプレートの大部分にわたって延在する１つのアクチュエータのみが設けられる場合に達成可能な変位と比較した場合、中立位置からのノズルプレートのノズル部分の最大変位が著しく増大する。

【０２１６】

さらに、図１３は、流体出口６０１に隣接する外側圧電アクチュエータ４５０のみを含むノズル構造の代替実施態様の断面図及び平面図を示す概略図である。この実施形態では、圧電材料は、電極４０１及び４０２の間にのみ延在し、ノズルプレート層５００の残りの部分の上の電極を越えて延在していない（すなわち、内側圧電アクチュエータが位置すると予期され得る領域４００内には延在していない）。

【０２１７】

外側アクチュエータにわたる電界の印加により、ノズルプレートは、図１２に示す形状に変形する。外側アクチュエータの作動により、ノズルプレートの外側部分は第１向きに湾曲する。それに応じてノズルプレートの内側部分は反対の向きに湾曲し、その結果Ｓ字

状断面となる。この特定の形状により、ノズルプレートに、通常１つの向きにのみ湾曲をもたらす、ノズルプレートの大部分にわたって延在する１つのアクチュエータのみが設けられる場合に達成可能な変位と比較した場合、中立位置からのノズルプレートのノズル部分の最大変位が著しく増大する。

【０２１８】

図１５は、流体出口を中心に対称に位置決めされた単一の環状アクチュエータの半径方向の位置に応じた、作動時にノズルプレートによって掃引された容積を示す。この場合、圧電材料の層は、ノズルプレート全体にわたって延在し、アクチュエータの位置は、第１アクチュエータ電極及び第２アクチュエータ電極の位置によって画定される。ノズルプレートは、１２５ミクロンの外側半径を有する。この図から、最大掃引容積（したがって、流体吐出）が、ノズルプレートの外縁部に近接して（中心から１０５ミクロンの位置に）位置するアクチュエータに対して達成可能であることが分かる。図１６は、外縁部により近接して位置する単一の環状アクチュエータの作動時にノズルプレートがとる３Ｄ形状を示す。ノズルプレートの内側部分が、ノズルプレートの外側部分から反対の向きに湾曲していることが分かる。

【０２１９】

図１７は、内側圧電アクチュエータ及び外側圧電アクチュエータの両方を備える実施形態において、中立位置（すなわち、すべてのアクチュエータの作動の前）からのノズルプレートのたわみが、ノズルプレートにわたる半径方向位置に応じていかに変化するかを示す。この図は、「逆極性」（内側環状アクチュエータ及び外側環状アクチュエータの両方が設けられ、各々が、反対の極性を有する電界によって同時に作動する）、「同様の極性」（内側環状アクチュエータ及び外側環状アクチュエータの両方が設けられ、各々が、同じ極性を有する電界によって同時に作動する）、「内部のみ」（内側環状アクチュエータ及び外側環状アクチュエータの両方が設けられるが、内側アクチュエータのみが作動する）、及び「外部のみ」（内側環状アクチュエータ及び外側環状アクチュエータの両方が設けられるが、外側アクチュエータのみが作動する）に対するデータセットを示す。こうした実施形態では、反対の極性を有する電界が内側アクチュエータ及び外側アクチュエータに印加されたときに最大のたわみが達成される。

【０２２０】

図１８もまた、単一の圧電アクチュエータのみを備え、圧電材料が前記圧電アクチュエータを越えて延在しない実施形態に対して、中立位置からのノズルプレートのたわみが、ノズルプレートにわたる半径方向位置に応じていかに変化するかを示す。こうした実施形態では、最大のたわみは、内側アクチュエータが設けられたときに達成される。アクチュエータを含まない領域に圧電材料がないことにより、可撓性が増大し、したがって、内側圧電アクチュエータ及び外側圧電アクチュエータの両方を組み込んでいる吐出器と比較して、（内側であっても外側であっても）単一の環状圧電アクチュエータを組み込んでいる吐出器によって、より大きいたわみを達成することができる可能性がある。

【０２２１】

本明細書に開示した本発明の範囲内で、さらなる変形及び変更を行うことができる。

【０２２２】

デバイスは、シリコンウエハ基板上に形成することができる。別法として、基板は、シリコンオンインシュレータ（ｓｉｌｉｃｏｎ－ｏｎ－ｉｎｓｕｌａｔｏｒ）ウエハ又はＩＩＩ－Ｖ族半導体ウエハを含むことができる。

【０２２３】

流体入口チャネルは、実質的に円筒状であり、したがって、基板の平面において実質的に円形の断面を有することができる。別法として、流体入口チャネルは、多面の、規則的な形状又は不規則的な形状を含む種々の他の断面をとることができる。流体入口チャネルの形状は、典型的には、ノズルのレイアウト、駆動電子装置の配置、及び相互接続層３００における配線ルーティング等、モノリシックチップ設計の他の態様によって決まる。

【０２２４】

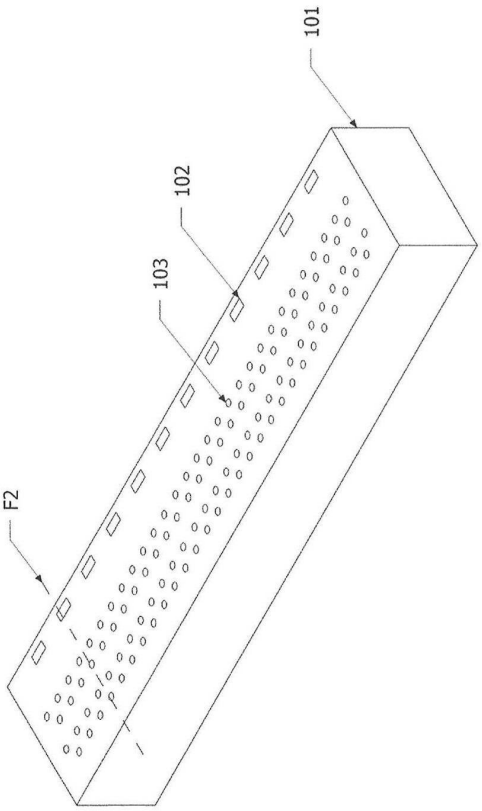
断面形状は、故障メカニズムを引き起こすことなくプリントヘッドチップの幅を最小化するようにも選択することができる。故障メカニズムは、構造的である場合があり（たとえば、流体入口が多すぎることによりチップの頑強性が低下する可能性がある）、又は、動作的である場合がある（たとえば、相互接続ワイヤが適切な電流を伝送するためには不十分である場合がある）。プリントヘッドの幅の低減は、単一のウエハ上に製造することができるチップの数を増加させるため、望ましい。

【０２２５】

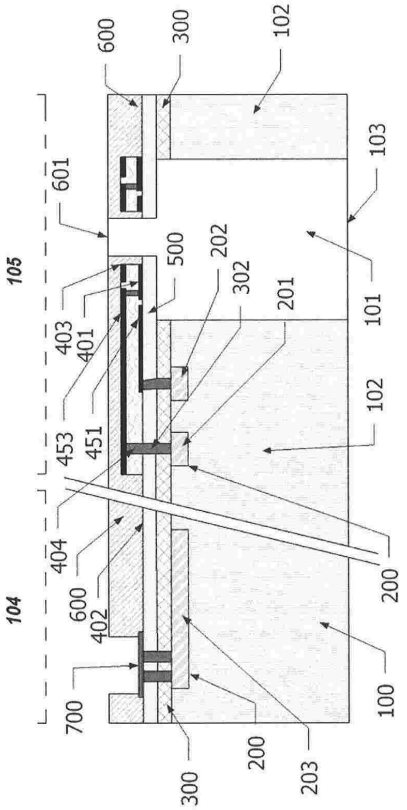
本明細書に開示した本発明の範囲内でさらなる変形及び変更を行うことができる。

【図面】

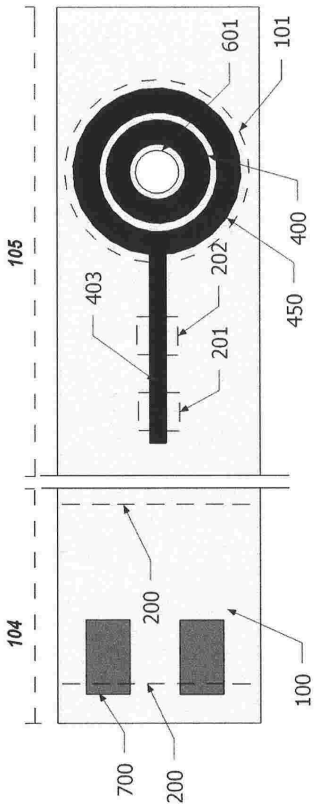
【図１】



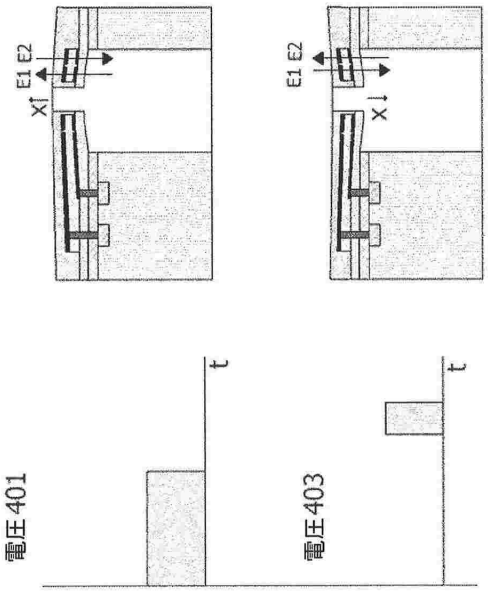
【図２】



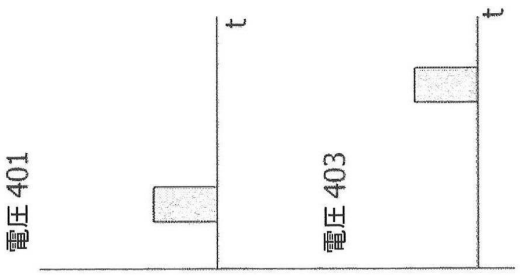
【図３】


601
101
400
450
202
403
201
105
104
200
100
700
200

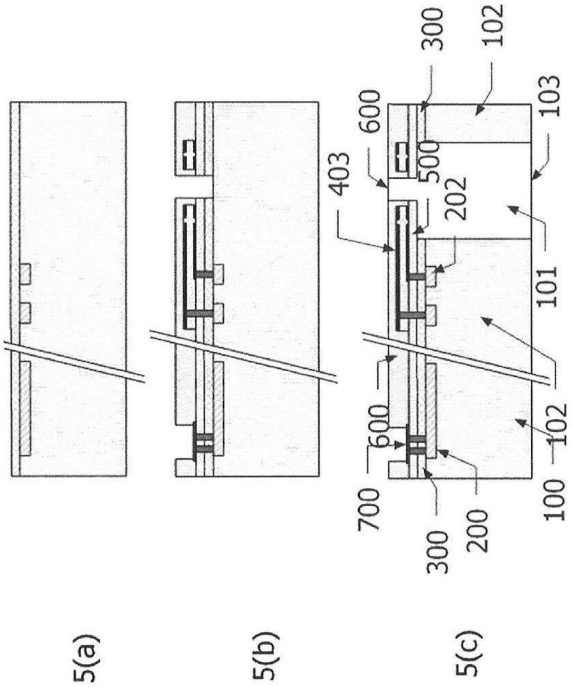
【図４（ａ）】


E1 E2
X
E1 E2
X
t
t
電圧401
電圧403

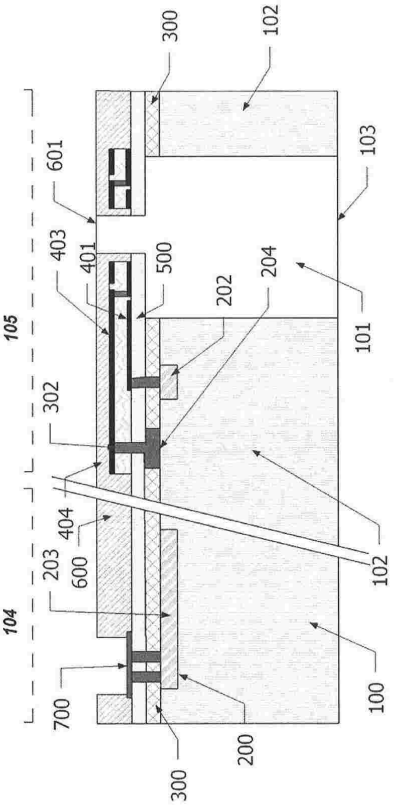
【図４（ｂ）】


t
t
電圧401
電圧403

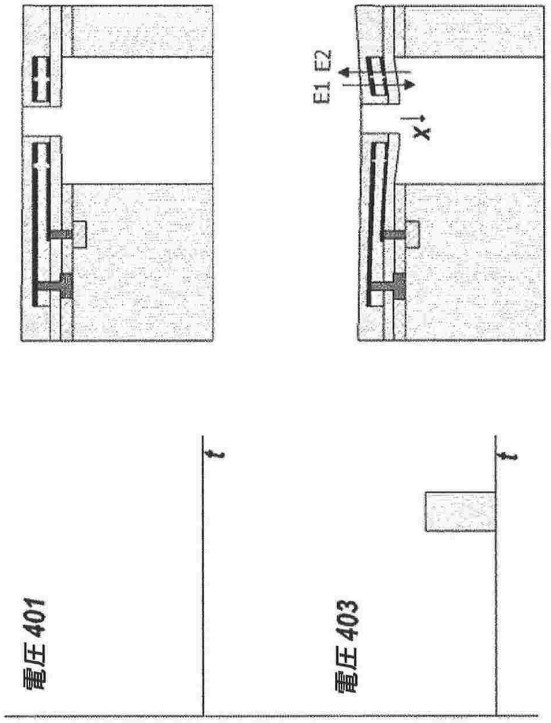
【図５】


300
102
600
103
500
403
202
101
600
102
700
100
300
200
5(a)
5(b)
5(c)

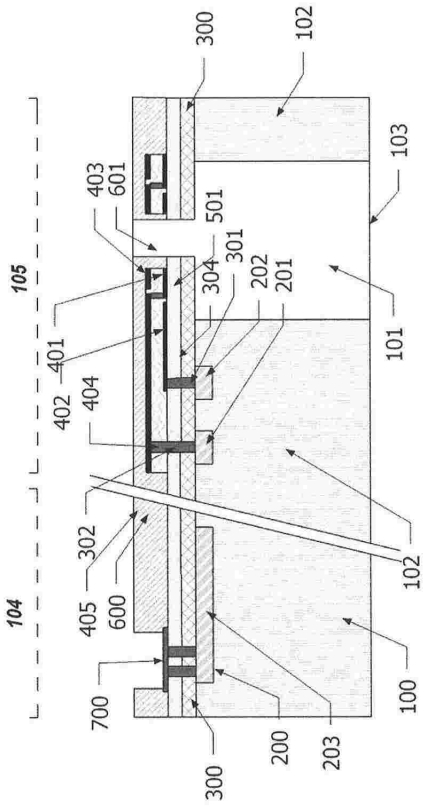
【図６】


300
102
601
103
403
401
500
202
204
105
101
302
404
203
600
102
104
100
700
200
300

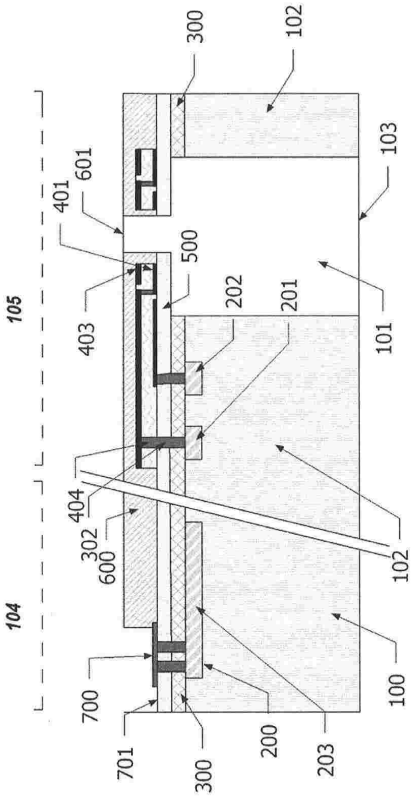
【図７】


E1 E2
X
電圧 401
電圧 403

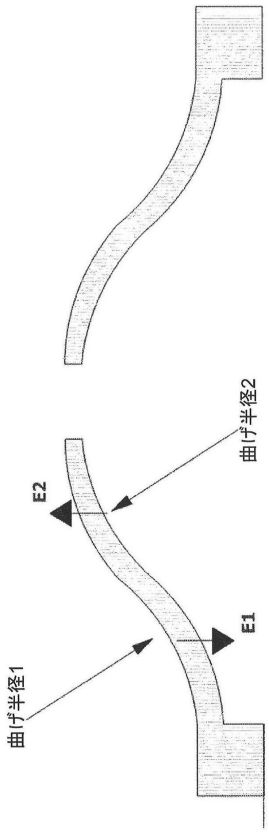
【図８】


300
102
403
601
103
501
301
105
304
202
201
401
101
402
404
302
102
405
600
104
100
700
200
203
300

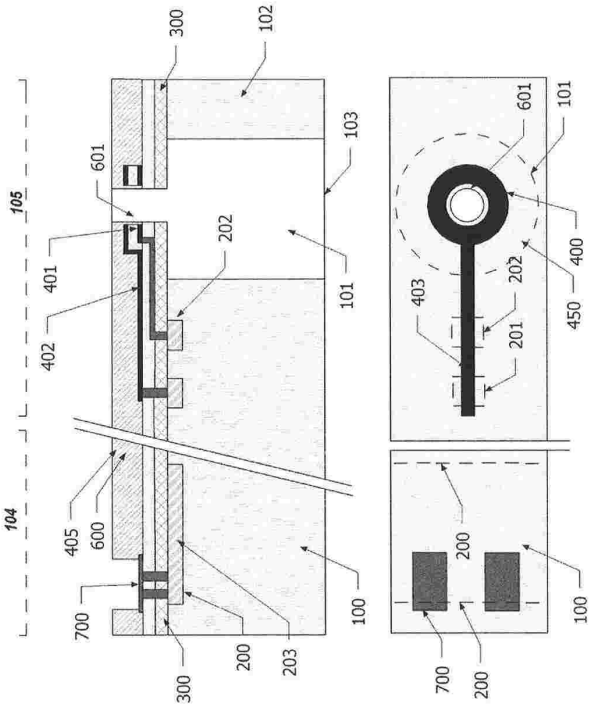
【図９】


300
102
401
601
103
500
105
403
202
201
101
404
302
102
600
104
100
700
200
203
701
300

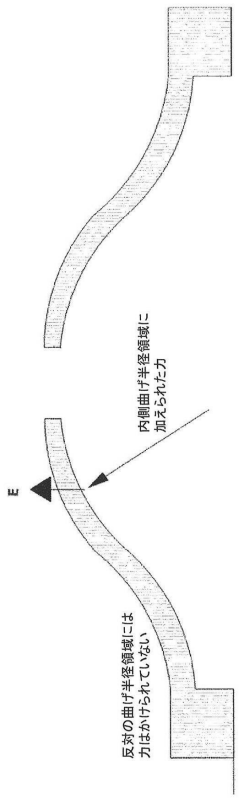
【図１０】



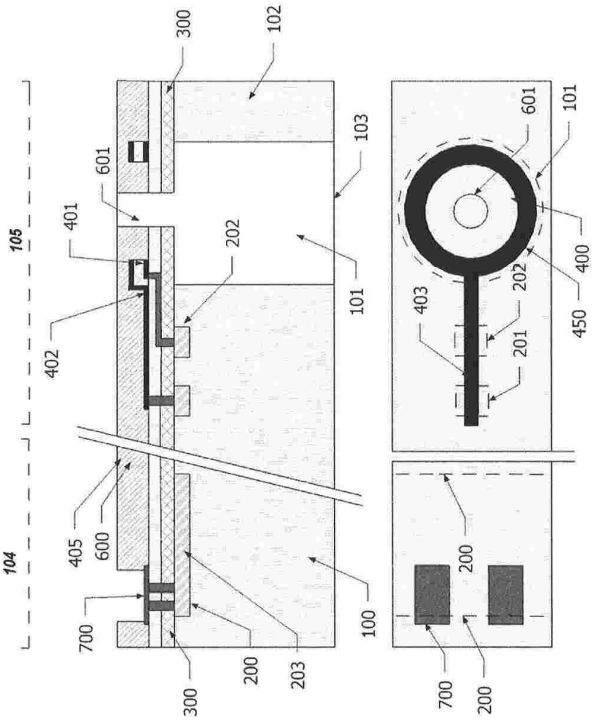
【図１１】



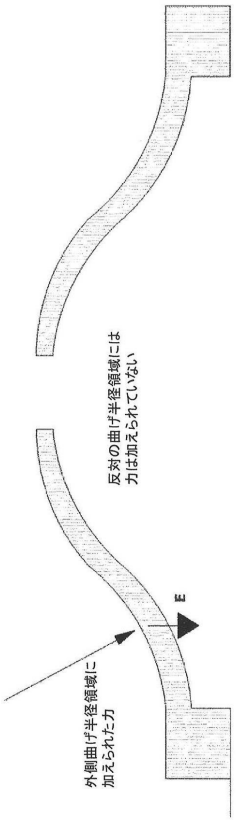
【図１２】



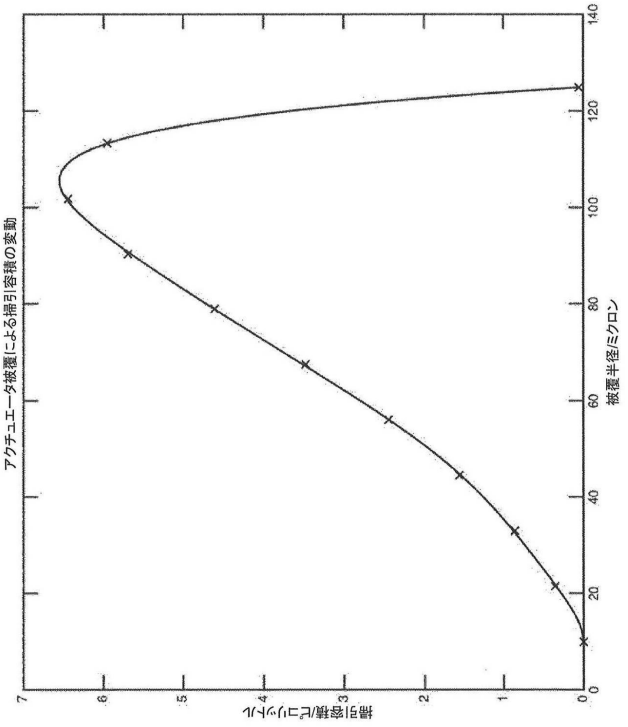
【図１３】



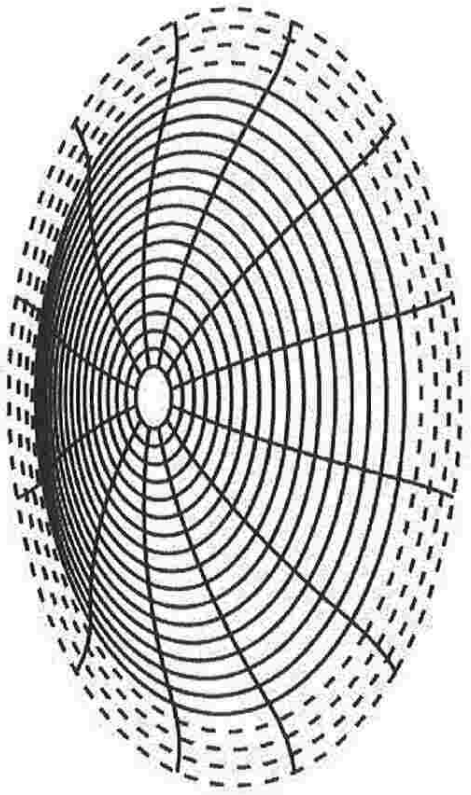
【図１４】



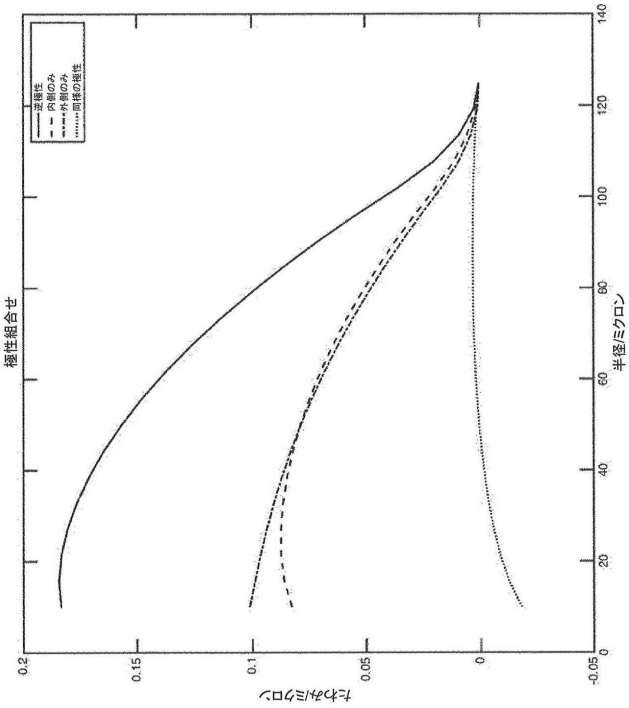
【図１５】



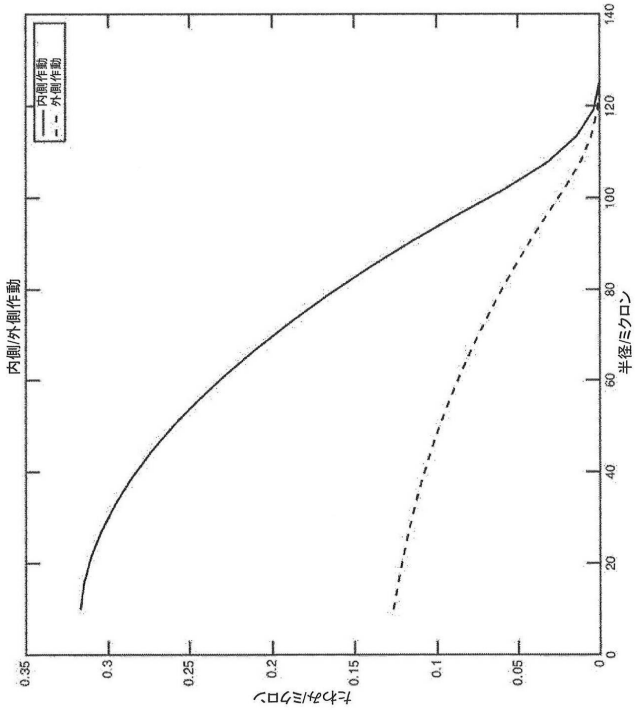
【図１６】



【図１７】



【図１８】



【図１９】

材料	堆積方法	ピーク温度	CMOS適合性	d_{31} (pC/N)
PZT	PVD+焼きなまし+極性調整	>450°C	無	-152 ~ -259
PZT	ゾルゲル+焼きなまし+極性調整	650°C	無	-116
ZnO	PVD	室温	有	-3.3
AlN	PVD	200° C	有	-1.9
ScAlN	PVD	室温	有	-5.8

表1

【手続補正書】
【提出日】令和6年2月5日(2024.2.5)
【手続補正１】
【補正対象書類名】特許請求の範囲
【補正対象項目名】全文
【補正方法】変更
【補正の内容】
【特許請求の範囲】
【請求項１】
プリントヘッド用の液滴吐出器であって、取付面及び反対側のノズル面を有する基板と、前記基板の前記ノズル面の少なくとも一部の上に形成されたノズル形成層と、少なくとも一部は前記基板により且つ少なくとも一部は前記ノズル形成層により画定された流体チャンバであって、少なくとも一部は前記ノズル形成層のノズル部分によって画定された流体チャンバ出口を有し、前記ノズル部分が、前記流体チャンバ出口の方に近接して位置する内側部分と、前記ノズル部分の周縁部の方に近接して位置する外側部分とを備える、流体チャンバと、前記ノズル形成層の前記ノズル部分の前記内側部分に形成された内側アクチュエータ機構、及び前記ノズル形成層の前記ノズル部分の前記外側部分に形成された外側アクチュエータ機構のうちのいずれか又は両方とを備える液滴吐出器。

フロントページの続き

(51)国際特許分類

ＦＩ		
Ｂ４１Ｊ	2/16	３０１
Ｂ４１Ｊ	2/16	４０１
Ｂ４１Ｊ	2/16	５１７