(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)公表番号
特表2023-525831
(P2023-525831A)
(43)公表日　令和5年6月19日(2023.6.19)

(51)国際特許分類		FI			テーマコード（参考）
Ｂ４１Ｊ	*2/14 (2006.01)*	Ｂ４１Ｊ	2/14	３０５	２Ｃ０５７
Ｂ４１Ｊ	*2/16 (2006.01)*	Ｂ４１Ｊ	2/14	６１３	
		Ｂ４１Ｊ	2/16	３０５	
		Ｂ４１Ｊ	2/14	６１１	
		Ｂ４１Ｊ	2/14	６０３	

審査請求　未請求　予備審査請求　未請求　（全30頁）

(21)出願番号　特願2022-569075(P2022-569075)
(86)(22)出願日　令和3年5月13日(2021.5.13)
(85)翻訳文提出日　令和4年11月11日(2022.11.11)
(86)国際出願番号　PCT/EP2021/062792
(87)国際公開番号　WO2021/229040
(87)国際公開日　令和3年11月18日(2021.11.18)
(31)優先権主張番号　2007236.9
(32)優先日　令和2年5月15日(2020.5.15)
(33)優先権主張国・地域又は機関
英国(GB)
(81)指定国・地域　AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,
最終頁に続く

(71)出願人　522441530
スリーシー プロジェクト テクノロジーズ リミテッド
アイルランド ２８１６０３ 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
(74)代理人　100167933
弁理士　松野 知紘
(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
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　液滴エジェクタアセンブリ構造及び方法

(57)【要約】
プリントヘッド用の液滴エジェクタアセンブリが、基板であって、ＣＭＯＳ制御回路を備える、基板と、前記基板の第１の表面上の複数の層と、液滴吐出口を有する流体チャンバと、１つ以上の当該層によって形成され、かつ圧電体と接触する第１の電極及び第２の電極を備える、圧電アクチュエータ素子と、を備える。圧電アクチュエータ素子は、流体チャンバの一部を画定する。少なくとも１つの当該電極は、ＣＭＯＳ制御回路に電気的に接続される。液滴エジェクタは、液滴吐出口を有する流体チャンバを備える。圧電アクチュエータ素子は、液滴吐出口とは別個であり、圧電体は、４５０℃未満の温度で処理可能な１つ以上の圧電材料で形成される。したがって、ＣＭＯＳ制御回路は、液滴エジェクタアセンブリと一体化される。ＣＭＯＳ制御回路は、アナログアクチュエータ吐出パルス及びシリアルデジタル制御信号の両方を受信し得、シリアルデジタル制御信号を使用して、どの圧電アクチュエータ素子が、個々のアクチュエータ吐出パルスに接続し、かつ個々のアクチュエータ吐出パルスにより駆動されるかを判定し得る。

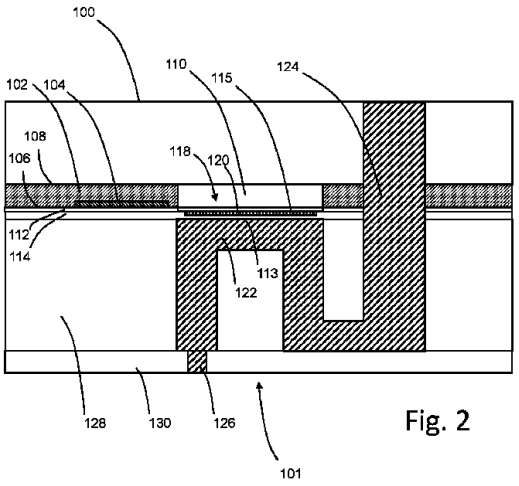


Fig. 2

【特許請求の範囲】
【請求項１】
プリントヘッド用の液滴エジェクタアセンブリであって、前記液滴エジェクタアセンブリが、第１の表面、及び反対の第２の表面を有する基板であって、ＣＭＯＳ制御回路を備える、基板と、前記基板の前記第１の表面上の複数の層と、液滴吐出口を有する流体チャンバと、１つ以上の前記層によって形成され、かつ圧電体、並びに、前記圧電体と接触する第１の電極及び第２の電極を備える、圧電アクチュエータ素子と、を備え、前記圧電アクチュエータ素子が、前記流体チャンバの一部を画定し、少なくとも１つの前記電極が、前記ＣＭＯＳ制御回路に電気的に接続され、前記液滴エジェクタが、液滴吐出口を有する流体チャンバを備え、前記圧電アクチュエータ素子が、前記液滴吐出口とは別個であり、前記圧電体が、４５０℃未満の温度で処理可能な１つ以上の圧電材料で形成される、液滴エジェクタアセンブリ。
【請求項２】
前記圧電体が、１つ以上の非強誘電性圧電材料を含み、前記ＣＭＯＳ制御回路が、前記圧電体を第１の向きに屈曲させるために、電位勾配を前記圧電体に第１の方向で印加し、次に、前記圧電体を反対の第２の向きに変形させるために、電位勾配を前記圧電体に反対方向で印加することにより、前記圧電体を作動させるように構成されている、請求項１に記載の液滴エジェクタアセンブリ。
【請求項３】
前記圧電体が、１００未満の比誘電率ε_rを有する、請求項１又は２に記載の液滴エジェクタアセンブリ。
【請求項４】
前記圧電体が、１００Ｖ／μｍ超の絶縁破壊電圧を有し、前記ＣＭＯＳ制御回路が、１００Ｖ／μｍ超の電位勾配を前記圧電体内に印加するように構成されている、先行請求項のいずれか一項に記載の液滴エジェクタアセンブリ。
【請求項５】
前記ＣＭＯＳ制御回路が、（ａ）デジタルレジスタ、（ｂ）ノズルトリミング計算回路及び／又はレジスタ、（ｃ）温度測定回路、（ｄ）流体チャンバ充填検出回路のうちの１つ以上を備える、先行請求項のいずれか一項に記載の液滴エジェクタアセンブリ。
【請求項６】
前記ＣＭＯＳ制御回路が、吐出トランジスタを備える、先行請求項のいずれか一項に記載の液滴エジェクタアセンブリ。
【請求項７】
アクチュエータ駆動パルスを受信するための電気入力を備え、前記ＣＭＯＳ制御回路が、前記圧電アクチュエータ又は各圧電アクチュエータの少なくとも１つの電極を、前記受信されたアクチュエータ駆動パルスに、切り替え式に接続又は接続解除し、これにより、前記圧電アクチュエータを選択的に作動させるように構成されている、先行請求項のいずれか一項に記載の液滴エジェクタアセンブリ。
【請求項８】
前記ＣＭＯＳ制御回路が、同じ基板上の１つ以上の前記層によって形成され、かつ、異なるそれぞれの流体チャンバ及び液滴吐出口の一部を画定する、少なくとも３つの前記圧電アクチュエータ素子を個別かつ選択的に作動させるように構成されており、任意選択的に、前記少なくとも３つのアクチュエータ素子内のアクチュエータが、異なる色又は組成の流体を吐出するように構成されている、先行請求項のいずれか一項に記載の液滴エジェクタアセンブリ。
【請求項９】
前記少なくとも３つのアクチュエータ素子が、前記基板上に位置し、前記ＣＭＯＳ制御回路が、１つ以上の電気信号導体を有するフレキシブルプリントヘッドケーブルに接続され、前記ＣＭＯＳ制御回路が、同じ信号導体を通して受信された作動コマンドに応答して、前記少なくとも３つのアクチュエータ素子のうちの前記アクチュエータ素子を、個別か

つ選択的に作動させるように構成されている、請求項８に記載の液滴エジェクタアセンブリ。

【請求項１０】

前記ＣＭＯＳ制御回路が、前記ＣＭＯＳ制御回路が作動制御信号を受信する信号導体よりも、少なくとも２倍の数の圧電アクチュエータ素子を、個別かつ選択的に作動させるように構成されている、請求項８又は９に記載の液滴エジェクタアセンブリ。

【請求項１１】

前記層のうちの１つ以上と接触しており、かつ、異なる色又は組成の液体の流体を、異なる前記流体チャンバに供給するための、少なくとも３つの別個の流体供給マニホルドを画定する、流体供給ブロックを更に備える、請求項８～１１のいずれか一項に記載の液滴エジェクタアセンブリ。

【請求項１２】

前記流体供給マニホルドが、複数の流体チャンバの各々に同じ組成の流体を供給するために、前記複数の流体チャンバの各々に接続されている流体導管を備え、前記複数の流体チャンバの各々の一部を画定する前記圧電アクチュエータ素子が、前記ＣＭＯＳ制御回路により、任意選択的に、前記同じ信号導体を通して受信される作動コマンドに応答して、作動される、請求項１１に記載の液滴エジェクタアセンブリ。

【請求項１３】

前記ＣＭＯＳ制御回路が、液滴吐出を引き起こすために、接地及び単一の固定非ゼロ電圧線、又は異なる電圧の複数の固定電圧線であって、これらのうちの１つ以上が、接地であり得る、複数の固定電圧線のうちの１つ以上を、圧電アクチュエータの１つ以上の両電極に、切り替え式に接続するように構成されている、先行請求項のいずれか一項に記載の液滴エジェクタアセンブリ。

【請求項１４】

前記ＣＭＯＳ制御回路が、前記ＣＭＯＳ制御回路によって記憶されたデータ、又は、典型的に、前記液滴エジェクタアセンブリ内にある、１つ以上のセンサからの測定値に応答して、１つ以上の圧電アクチュエータの１つ以上の電極に印加された電圧パルスを修正するように構成されている、先行請求項のいずれか一項に記載の液滴エジェクタアセンブリ。

【請求項１５】

コントローラと、前記コントローラと電子的に通信し、かつ前記コントローラによって制御される、請求項７に記載の１つ以上の液滴エジェクタアセンブリと、を備える、インクジェットプリンタであって、前記コントローラが、一連のアクチュエータ駆動パルスを生成するように構成されたパルス生成器を更に備え、前記液滴エジェクタアセンブリの電気入力が、前記コントローラへの電気接続を通して、アクチュエータ駆動パルスを受信し、前記１つ以上の液滴エジェクタアセンブリのＣＭＯＳ制御回路が、複数の圧電アクチュエータのうちの前記圧電アクチュエータ又は各圧電アクチュエータの少なくとも１つの電極を、前記受信されたアクチュエータ駆動パルスに、切り替え式に接続又は接続解除し、これにより、前記圧電アクチュエータを選択的に作動させるように構成されている、インクジェットプリンタ。

【請求項１６】

複数の液滴エジェクタアセンブリを備え、前記パルス生成器からのパルスが、複数の液滴エジェクタアセンブリの一部である、複数の制御回路に伝導され、前記コントローラが、デジタル制御信号を生成するように更に構成されており、前記デジタル制御信号が、前記液滴エジェクタアセンブリに伝導され、かつ前記液滴エジェクタアセンブリの前記ＣＭＯＳ制御回路で処理されて、どのアクチュエータ駆動パルスが、液滴吐出を引き起こすために、１つ以上の前記液滴エジェクタアセンブリの前記圧電アクチュエータの少なくとも１つの電極に伝導されるかを判定する、請求項１５に記載のインクジェットプリンタ。

【請求項１７】

先行請求項のいずれか一項に記載の液滴エジェクタ用の液滴エジェクタアセンブリを製

造する方法であって、前記方法が、第１の表面を有する基板を提供することと、前記第１の表面上にＣＭＯＳ制御回路を形成することと、前記第１の表面上に複数の層を形成することと、を含み、前記複数の層が、第１の電極及び第２の電極と、圧電体と、を備える、圧電アクチュエータ素子を備える、方法。

【請求項１８】

請求項１～１４のいずれか一項に記載の液滴エジェクタアセンブリ、又は請求項１５若しくは１６に記載のインクジェットプリンタを動作させる方法であって、ＣＭＯＳ制御回路が、デジタル作動制御信号を受信し、前記デジタル作動制御信号を処理して、液滴吐出を引き起こすために、圧電アクチュエータ素子を選択的に作動させる、方法。

【請求項１９】

アクチュエータ駆動パルスを生成し、電気接続を通して、それらを前記液滴エジェクタアセンブリに伝導するステップと、複数の圧電アクチュエータのうちの前記圧電アクチュエータ又は各圧電アクチュエータの少なくとも１つの電極を、前記受信されたアクチュエータ駆動パルスに、切り替え式に接続又は接続解除し、これにより、前記圧電アクチュエータを選択的に作動させるステップと、を含む、請求項１８に記載の方法。

【請求項２０】

複数の異なるシーケンスのアクチュエータ駆動パルスを生成し、それらを別個の電気接続を通して、前記液滴エジェクタアセンブリに伝導することと、複数の圧電アクチュエータのうちの前記圧電アクチュエータ又は各圧電アクチュエータの少なくとも１つの電極を、前記複数の異なるシーケンスのアクチュエータ駆動パルスのうちの可変のパルスから受信された、１つ以上の受信されたアクチュエータ駆動パルスに、切り替え式に接続又は接続解除することと、を含む、請求項１８又は１９に記載の方法。

【請求項２１】

液滴吐出を引き起こすために、接地への接続と、固定電圧線、又は異なる電圧の複数の固定電圧線への接続との間で電極を切り替え、かつ、再び接地に戻すことを含む、請求項１８～２０のいずれか一項に記載の方法。

【請求項２２】

プリントヘッド用の液滴エジェクタアセンブリであって、前記液滴エジェクタアセンブリが、第１の表面、及び反対の第２の表面を有する基板であって、ＣＭＯＳ制御回路を備える、基板と、前記基板の前記第１の表面上の複数の層と、液滴吐出口を有する流体チャンバと、１つ以上の前記層によって形成され、かつ圧電体、並びに、前記圧電体と接触する第１の電極及び第２の電極を備える、圧電アクチュエータ素子と、を備え、前記圧電アクチュエータ素子が、前記流体チャンバの一部を画定し、少なくとも１つの前記電極が、前記ＣＭＯＳ制御回路に電気的に接続され、前記液滴エジェクタが、液滴吐出口を有する流体チャンバを備え、前記圧電体が、４５０℃未満の温度で処理可能な１つ以上の圧電材料から形成される、液滴エジェクタアセンブリ。

【請求項２３】

前記圧電体が、１００Ｖ／μｍ超の絶縁破壊電圧を有し、前記ＣＭＯＳ制御回路が、１００Ｖ／μｍ超の電位勾配を前記圧電体内に印加するように構成されている、請求項２２に記載の液滴エジェクタアセンブリ。

【請求項２４】

アクチュエータ駆動パルスを受信するための電気入力を備え、前記ＣＭＯＳ制御回路が、前記圧電アクチュエータ又は各圧電アクチュエータの少なくとも１つの電極を、前記受信されたアクチュエータ駆動パルスに、切り替え式に接続若しくは接続解除し、これにより、前記圧電アクチュエータを選択的に作動させるように構成されているか、又は、前記ＣＭＯＳ制御回路が、液滴吐出を引き起こすために、接地及び単一の固定非ゼロ電圧線、又は異なる電圧の複数の固定電圧線であって、これらのうちの１つ以上が、接地であり得る、複数の固定電圧線のうちの１つ以上を、圧電アクチュエータの１つ以上の両電極に、切り替え式に接続するように構成されている、請求項２２又は２３に記載の液滴エジェクタアセンブリ。

【請求項２５】
コントローラと、前記コントローラと電子的に通信し、かつ前記コントローラによって制御される、請求項２２～２４のいずれか一項に記載の１つ以上の液滴エジェクタアセンブリと、を備える、インクジェットプリンタであって、前記コントローラが、一連のアクチュエータ駆動パルスを生成するように構成されたパルス生成器を更に備え、前記液滴エジェクタアセンブリの前記電気入力が、前記コントローラへの電気接続を通して、アクチュエータ駆動パルスを受信し、前記１つ以上の前記液滴エジェクタアセンブリの前記ＣＭＯＳ制御回路が、複数の圧電アクチュエータのうちの前記圧電アクチュエータ又は各圧電アクチュエータの少なくとも１つの電極を、前記受信されたアクチュエータ駆動パルスに、切り替え式に接続又は接続解除し、これにより、前記圧電アクチュエータを選択的に作動させるように構成されている、インクジェットプリンタ。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、インクジェットプリントヘッド、付加製造プリントヘッド及び流体分配プリントヘッドなどの用途のための、圧電アクチュエータを使用する、液滴エジェクタアセンブリの分野に関する。
【背景技術】
【０００２】
解像度を最大にするために、圧電インクジェットプリントヘッドは、それぞれのノズルを通して液体を選択的に吐出するように構成されている、比較的高密度の個別に制御可能なアクチュエータを提供しようとする。必要な解像度を提供するために、市販の高密度圧電インクジェットプリントヘッドは、一般に、１つ以上の液滴エジェクタアセンブリとは別個のプリントヘッド制御回路を備え、かつ、多数のアクチュエータを制御するために、１つ以上の液滴エジェクタアセンブリへの多くの電気接続を有する。例えば、Ｆｕｊｉ（登録商標）、Ｒｉｃｏｈ（登録商標）、又はＥｐｓｏｎ（登録商標）の高密度プリントヘッドは、現在、多くの並列電気接続を通してプリントヘッドに接続されたフィルム上の、ヘッドドライブ集積回路及びフレキシブルアセンブリを使用して、プリントヘッド内の個々の圧電アクチュエータを駆動する。
【０００３】
製造を簡素化し、構成可能性を改善し、かつ信頼性を改善するために、インクジェットプリントヘッドへの個々の有線接続の数を低減させることが有利であろう。このことは、集積回路基板に埋め込まれた制御回路を、圧電アクチュエータと統合することによって達成され得る。しかしながら、ＣＭＯＳ駆動回路は、製造中に必要とされる（ピーク）温度に少なくとも起因して、業界標準の圧電アクチュエータと互換性がないという問題がある。
【０００４】
より詳細には、現在では、インクジェットプリントヘッド用の圧電アクチュエータは、一般に、チタン酸ジルコン酸鉛（ＰＺＴ）で形成されている。ＰＺＴは、有利な高い圧電定数（＞１００）を有する。ＰＺＴは、ＣＭＯＳデバイスに損傷を与えるであろう温度で処理する必要がある。例えば、ＰＺＴは、物理蒸着によって堆積され得るが、これには、その後に、４５０℃超の温度でのアニーリングステップ及び／若しくはポーリングステップが必要であり、又は、ゾルゲル法によって堆積され得るが、（６００℃超の）高温アニーリングステップを伴う。ドーパントの移動度の低下、及び相互接続配線方式を含む、高温でのＣＭＯＳの処理に関連する多数の問題がある。ＣＭＯＳエレクトロニクスは、４５０℃の温度に耐えることが知られている。高歩留まりを得るには、かなり低い温度（すなわち３００℃未満）が望ましい。
【０００５】
堆積ＰＺＴ及び他のピエゾ材料は、多くの場合、結晶を配向させるために、ピエゾ材料を非常に高い電界にさらすことを基本的に伴う、ポーリングステップも必要である。ポー

リングステップもＣＭＯＳ互換ではない。
【０００６】
ＣＭＯＳ製造工場への鉛の持ち込みが許可されていないため、ＰＺＴアクチュエータを製造し、その後で、その上に集積化されたＣＭＯＳ回路を製造することは不可能である。
【０００７】
したがって、ＰＺＴ圧電材料はＣＭＯＳ互換ではなく、ＣＭＯＳ制御回路と一体的に形成することができない。代替的な既知の圧電材料は、かなり低い圧電定数を有するため、ＰＺＴは代替的な材料に置換可能ではなかった。
【０００８】
したがって、本発明は、圧電液滴エジェクタアセンブリの一体化を改善しようとし、いくつかの実施形態では、プリントヘッド内の液滴エジェクタの密度を改善しようとする。
【０００９】
ＷＯ２０１８／０５４９１７（ＭｃＡｖｏｙ）は、ＣＭＯＳデバイスを有する基板が、４５０℃未満の温度で処理可能でかつＣＭＯＳ互換である圧電材料で形成されるアクチュエータと一体化された、液滴エジェクタアセンブリを提案したが、これは、基板がノズル形成層と一体化され、圧電アクチュエータがノズル形成層のノズル部分上に位置する、アクチュエータの新規設計によってのみ可能であった。このようなアクチュエータ構成は、アクチュエータの反対側にある流体チャンバの壁にノズルが位置している典型的な構成とは異なる構成であり、圧電係数の少なくとも１桁、場合によっては２桁の低減に関わらず、他のデバイス構成よりも液滴吐出効率を大幅に改善し、ＰＺＴ以外の圧電材料の使用を可能にする。
【発明の概要】
【００１０】
第１の態様では、本発明は、プリントヘッド用の液滴エジェクタアセンブリを提供し、液滴エジェクタアセンブリは、第１の表面、及び反対の第２の表面を有する基板であって、ＣＭＯＳ制御回路を備える、基板と、基板の第１の表面上の複数の層と、液滴吐出口を有する流体チャンバと、１つ以上の当該層によって形成され、かつ圧電体、並びに、圧電体と接触する第１の電極及び第２の電極を備える、圧電アクチュエータ素子（使用時に変形可能）と、を備え、圧電アクチュエータ素子は、流体チャンバの一部（例えば、その壁）を画定する。
【００１１】
典型的に、少なくとも１つの当該電極（及び、任意選択的に、第１の電極及び第２の電極）が、ＣＭＯＳ制御回路に電気的に接続される。ＣＭＯＳ制御回路は、圧電アクチュエータのアクチュエータを制御するように構成されたＣＭＯＳアクチュエータ制御回路を備え得るか、又はＣＭＯＳアクチュエータ制御回路であり得る。
【００１２】
圧電体は、４５０℃未満の温度で処理可能な、１つ以上の圧電材料で形成されている場合がある。
【００１３】
典型的に、圧電アクチュエータ素子は液滴吐出口とは別個である。驚くべきことに、液滴吐出口が、圧電アクチュエータ素子の一部（典型的に、開口部）である構造を必要とせずに、ＰＺＴ以外の材料を使用して、効率的な液滴エジェクタアセンブリを構築することが可能であることを見出した。
【００１４】
それにもかかわらず、いくつかの実施形態では、液滴吐出口は、圧電アクチュエータ素子の一部であり得るか、又は圧電アクチュエータ素子とは別個であり得る。
【００１５】
第２の態様では、本発明は、コントローラと、コントローラと電子的に通信し、かつコントローラによって制御される、第１の態様による１つ以上の液滴エジェクタアセンブリと、を備える、インクジェットプリンタを提供する。当該コントローラは、プリントコン

トローラであり得る。コントローラは、プログラムコードを記憶するメモリと通信するか、又はメモリを含む、一体化又は分散化され得る、１つ以上のマイクロコントローラ又はマイクロプロセッサを備え得る。インクジェットプリンタは、１つ以上の更なるコントローラを備え得る。

【００１６】

本発明は、第３の態様において、第１の態様による液滴エジェクタアセンブリ、又は第２の態様によるインクジェットプリンタを動作させる方法にまで及び、ＣＭＯＳ制御回路が、（典型的に、当該コントローラからの少なくとも１つの入力を通して）デジタル作動制御信号を受信し、デジタル作動制御信号を処理して、液滴吐出を引き起こすために、圧電アクチュエータ素子を選択的に作動させる。

【００１７】

典型的に、ＣＭＯＳ制御回路は、基板の第１の表面上に形成される。典型的に、ＣＭＯＳ制御回路は、基板の第１の表面上に、少なくとも１つのＣＭＯＳトランジスタを含む。典型的に、ＣＭＯＳ制御回路は、更なる半導体接合を介在させることなく、第１の電極又は第２の電極に電気的に接続される基板の第１の表面上に、少なくとも１つのＣＭＯＳトランジスタを含む。

【００１８】

３００℃を超えると、典型的に、集積電子構成要素（例えば、ＣＭＯＳ電子構成要素）の製造が劣化し始め、デバイスの動作が損なわれ、効率が低減する。４５０℃を超えると、集積電子構成要素（例えば、ＣＭＯＳ電子構成要素）は、典型的に、更に大幅に劣化する。したがって、４５０℃以下の温度で処理可能な圧電材料を使用することにより、当該ＣＭＯＳ制御回路に重大な損傷を与えることなく、圧電アクチュエータを処理し、ＣＭＯＳ制御回路と一体化することが可能になる。

【００１９】

圧電体は、３００℃未満の温度で処理可能な、１つ以上の圧電材料を含む（例えば、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、最大４５０℃の温度で処理するよりも、ＣＭＯＳ制御回路への損傷が更に少なく、圧電アクチュエータを処理し、ＣＭＯＳ制御回路と一体化することが可能になる。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、単一基板上（例えば、単一基板ウェーハから）の複数の流体エジェクタの大規模製造により、機能デバイスのより高い歩留まりが実現可能になる。

【００２０】

圧電アクチュエータをＣＭＯＳ制御回路と一体化することにより、別個の液滴エジェクタドライブエレクトロニクス（典型的に、既存のデバイスの流体／アクチュエータ／ノズル圧電プリントヘッドアセンブリに、別個の構成要素として提供される）を提供する必要性が低減又は除去される。これにより、大量の外部接続の必要性が除去され、したがって、アセンブリ当たりのノズル数を増加させることが容易になり、プリントヘッド全体のサイズを低減し、既存の圧電プリントヘッドで達成可能であるよりも高いプリントヘッドノズル密度が可能になる。単一のプリントヘッドアセンブリ上の一体化に関連する他の利点には、製造コストの低減、モジュール性、及びデバイス信頼性が含まれる。

【００２１】

４５０℃未満（又は３００℃未満）で処理可能な圧電材料は、典型的に、高温での処理が必要な圧電材料よりも劣る圧電特性（例えば、より低い圧電定数）を有する。例えば、チタン酸ジルコン酸鉛（ＰＺＴ）などの高温処理可能な圧電材料から形成される圧電アクチュエータは、窒化アルミニウム（ＡｌＮ）などの低温処理可能な圧電材料から形成される圧電アクチュエータよりも、１桁以上大きな力を付与することができ、他の全ての因子は等しい。

【００２２】

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、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３

００℃未満）の温度で処理可能な圧電材料は、典型的に、４５０℃以上（又は３００℃以上）の温度での、任意の堆積後処理（堆積後のアニーリングなど）を必要としない。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、４５０℃未満（又は３００℃未満）の温度で（つまり、圧電体を圧電状態にするために、圧電材料のアニーリングが必要である場合）、（堆積後）アニーリング可能な圧電材料である。

【００２３】

１つ以上の圧電材料は、典型的に、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（例えば、堆積可能、及び、必要に応じてアニーリング可能）である。４５０℃未満（又は３００℃未満）の温度における圧電アクチュエータの製造は、圧電アクチュエータと、基板と一体化したＣＭＯＳ制御回路との一体化を可能にする。

【００２４】

したがって、圧電体は、典型的に、４５０℃未満（又は３００℃未満）の温度で（例えば、堆積によって、及び、必要に応じて、１つ以上の圧電材料のアニーリングによって）形成可能である。

【００２５】

１つ以上の圧電材料は、典型的に、４５０℃未満（又は３００℃未満）の基板温度で処理可能（例えば、堆積可能、及び、必要に応じてアニーリング可能）である。換言すれば、基板の温度は、典型的に、１つ以上の圧電材料の処理（例えば、堆積、及び、必要に応じてアニーリング）中に、４５０℃（又は３００℃）に到達又は超過することはない。基板の温度は、典型的に、圧電体の形成中に、４５０℃（又は３００℃）に到達又は超過することはない。基板の温度は、典型的に、圧電アクチュエータの製造中に、４５０℃（又は３００℃）に到達又は超過することはない。基板の温度は、液滴エジェクタアセンブリ（例えば、その全体）の製造中に、４５０℃（又は３００℃）に到達又は超過しない場合がある。

【００２６】

圧電体は、典型的に、１つ以上の（例えば、低温）物理蒸着（ＰＶＤ）法によって堆積可能（例えば、堆積される）である。圧電体は、典型的に、４５０℃未満（又は、より好ましくは３００℃未満）の温度（すなわち、基板温度）において、１つ以上の（例えば、低温）物理蒸着法によって堆積可能である（例えば、堆積される）。

【００２７】

圧電体は、１つ以上の（例えば、低温）ＰＶＤ堆積可能な圧電材料を含む（例えば、から形成される）こともあり得る。圧電体は、１つ以上の（例えば、低温）ＰＶＤ堆積圧電材料を含む（例えば、から形成される）こともあり得る。

【００２８】

物理蒸着法（例えば、低温物理蒸着法）は、以下の蒸着法のうちの１つ以上を含み得る。陰極アーク蒸着、電子ビーム物理蒸着、蒸着、パルスレーザー蒸着、スパッタ蒸着。スパッタ蒸着は、単一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み得る。

【００２９】

１つ以上の圧電材料は、典型的に、４５０℃未満（又は３００℃未満）の堆積温度を有する。１つ以上の圧電材料は、４５０℃未満（又は３００℃未満）のＰＶＤ堆積温度を有し得る。１つ以上の圧電材料は、４５０℃未満（又は３００℃未満）のスパッタリング温度を有し得る。１つ以上の圧電材料は、４５０℃未満（又は３００℃未満）の堆積後アニーリング温度を有し得る。堆積温度、ＰＶＤ堆積温度、スパッタリング温度、又はアニーリング温度は、典型的に、それぞれの処理中の基板の温度であることが理解されよう。

【００３０】

圧電体は、１つの圧電材料を含み得る（例えば、それから形成され得る）。代替的に、圧電体は、２つ以上の圧電材料を含み得る（例えば、それから形成され得る）。

【００３１】
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、又は更により典型的には１０ｐＣ／Ｎ未満の大きさを有する、圧電定数d_{31}を有する。１つ以上の圧電材料は、典型的には３０ｐＣ／Ｎ未満、又はより典型的には２０ｐＣ／Ｎ未満、又は更により典型的には１０ｐＣ／Ｎ未満の大きさを有する、圧電定数d_{31}を有する。
【００３２】
１つ以上の圧電材料は、典型的に、ＣＭＯＳ互換である。これにより、１つ以上の圧電材料は、典型的に、ＣＭＯＳ電子構造に損傷を与える物質を含まないか、又は、典型的に、それらを使用せずに処理可能（例えば、堆積可能、及び必要に応じてアニーリング可能）であることが理解されるであろう。例えば、１つ以上の圧電材料の処理（例えば、堆積、及び必要に応じてアニーリング）は、典型的に、（例えば、強）酸（塩酸など）及び／又は（例えば、強）アルカリ（水酸化カリウムなど）、又は、ＣＭＯＳ工場で損傷し得る／許可されていない、他の材料の使用を含まない。
【００３３】
したがって、圧電体はＰＺＴで形成されておらず、典型的にはＰＺＴを含まない。ＰＺＴの鉛は環境に有害であるため、このことは非常に有利である。
【００３４】
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つ以上の元素を含む、セラミック材料を含み得る（例えば、それから形成され得る）。
【００３５】
圧電体は、窒化アルミニウム（ＡｌＮ）を含み得る（例えば、それから形成され得る）。
【００３６】
圧電体は、酸化亜鉛（ＺｎＯ）を含み得る（例えば、それから形成され得る）。
【００３７】
１つ以上の圧電材料は、窒化アルミニウム及び／又は酸化亜鉛を含み得る（例えば、それからなり得る）。
【００３８】
窒化アルミニウムは、純粋な窒化アルミニウムからなり得る。代替的に、窒化アルミニウムは、１つ以上の元素を含み得る（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み得る）。窒化アルミニウムは、以下の元素のうちの１つ以上を含み得る。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。
【００３９】
圧電体は、窒化アルミニウムスカンジウム（ＳｃＡｌＮ）を含み得る（例えば、それから形成され得る）。窒化アルミニウムスカンジウム中のスカンジウムの割合は、典型的に、製造可能範囲内の圧電定数d_{31}を最適化するために、選択される。例えば、$Sc_xAl_{1-x}N$におけるｘの値は、典型的に、$0 < x \leqq 0.5$の範囲から選択される。典型的に、スカンジウムの割合が大きいほど、d_{31}の値が大きくなる（すなわち、より強い圧電効果）。窒化アルミニウムスカンジウム中のスカンジウムの質量百分率（すなわち、重量百分率）は、典型的に、５％を超える。窒化アルミニウムスカンジウム中のスカンジウムの質量百分率（すなわち、重量百分率）は、典型的に、１０％を超える。窒化アルミニウムスカンジウム中のスカンジウムの質量百分率（すなわち、重量百分率）は、典型的に、２０％を超える。窒化アルミニウムスカンジウム中のスカンジウムの質量百分率（すなわち、重量百分率）は、典型的に、３０％を超える。窒化アルミニウムスカンジウム中のスカンジウムの質量百分率（すなわち、重量百分率）は、典型的に、４０％を超える。窒化アルミニウムスカンジウム中のスカンジウムの質量百分率（すなわち、重量百分率）は

、５０％以下であり得る。

【００４０】

窒化アルミニウム化合物（及び、特に窒化アルミニウムスカンジウム）を含む窒化アルミニウム、及び酸化亜鉛は、４５０℃未満、又は、より好ましくは３００℃未満で堆積され得る圧電材料である。窒化アルミニウム化合物（及び、特に窒化アルミニウムスカンジウム）を含む窒化アルミニウム、及び酸化亜鉛は、４５０℃未満、又は、より好ましくは３００℃未満で物理蒸着（例えば、スパッタリング）によって堆積され得る圧電材料である。窒化アルミニウム化合物（及び、特に窒化アルミニウムスカンジウム）を含む窒化アルミニウム、及び酸化亜鉛は、典型的に、堆積後のアニーリングを必要としない圧電材料である。

【００４１】

圧電体は、４５０℃未満、又は、より好ましくは３００℃未満での物理蒸着によって堆積された、窒化アルミニウム（窒化アルミニウム化合物、例えば、窒化アルミニウムスカンジウム）及び／又は酸化亜鉛を含み得る（例えば、それから形成され得る）。

【００４２】

圧電体は、１つ以上のＩＩＩ－Ｖ半導体及び／又はＩＩ－ＶＩ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族の元素を含む、化合物半導体）を含み得る（例えば、それから形成され得る）。そのようなＩＩＩ－Ｖ半導体及びＩＩ－ＶＩ半導体は、典型的に、六方晶ウルツ鉱型結晶構造で結晶化する。六方晶ウルツ鉱型結晶構造で結晶化するＩＩＩ－Ｖ半導体及びＩＩ－ＶＩ半導体は、典型的に、中心対称でない結晶構造により、圧電性である。

【００４３】

圧電体は、１つ以上の非強誘電性圧電材料を含む（例えば、から形成される、又は、からなる）こともあり得る。

【００４４】

１つ以上の圧電材料は各々、非強誘電性圧電材料であり得る。非強誘電性圧電材料の例は、例えば、窒化アルミニウム、窒化アルミニウムスカンジウム、及び酸化亜鉛を含む。

【００４５】

好都合なことに、非強誘電性圧電材料は、典型的に、ポーリングを必要としない。液滴エジェクタアセンブリの製造には、ポーリングが含まれていない場合がある。

【００４６】

一般に、非強誘電性圧電材料は、ＰＺＴに匹敵する大きさの圧電定数を有しない。例えば、非強誘電性圧電材料であるＺｎＯ、ＡｌＮ及びＳｃＡｌＮは、ＰＺＴの－１０～－２６０に対して、－３．３、－１．９、及び－５．８の圧電定数d_{31}を有する。

【００４７】

ＣＭＯＳ制御回路は、圧電体を第１の向きに屈曲させるために、電位勾配を圧電体に第１の方向で印加し、次に、圧電体を反対の第２の向きに変形させるために、電位勾配を圧電体に反対方向で印加することにより、圧電体を作動させるように構成されている場合がある。

【００４８】

電位勾配は、第１の電極及び／又は第２の電極に印加される電圧を調節することによって、印加される。（一方の電極は、接地したままであり得、その場合、他方の電極に印加される電圧のみを調節する必要がある）。

【００４９】

圧電体を第１の向きに屈曲させるために、電位勾配を圧電体に第１の方向で印加し、次に、圧電体を反対の第２の向きに変形させるために、電位勾配を圧電体に反対方向で印加することにより、アクチュエータは、プッシュ－プルアクチュエータとして機能し得、吐出サイクルの吸引部分及び分配部分の両方を容易に実装し得る。これは、ＰＺＴなどの強誘電体材料では不可能である。

【００５０】

更に、第１の方向の変形から、他の方向の変形まで、より大きなたわみが可能である。これにより、ＰＺＴなどの強誘電体材料と比較して、低減された圧電定数を補うことができる。

【００５１】

電位勾配が印加されていないデフォルト構成では、圧電体は平坦であり、第１の向き及び第２の向きでそれぞれ屈曲されたとき、流体チャンバに最も近い圧電体の表面は、それぞれ凹面及び凸面、又はその逆である場合がある。

【００５２】

デフォルトの平坦構成はデバイスの寿命を延ばし得るため、電位勾配が印加されないときに平坦を維持しながら、圧電体を、作動サイクル中に、凹面構成及び凸面構成の両方に作動されることを可能にすることは有利である。これは、作動サイクル間で、圧電体を変形構成に維持するために、継続的に電位差を印加する必要のある、又は、作動サイクルを開始する前の所定の期間、直流電圧を必要とする、ＰＺＴで形成される強誘電性圧電体を有する、既知のプッシュープル圧電アクチュエータとは対照的である。

【００５３】

圧電体は、１００未満の比誘電率ε_rを有する場合がある。

【００５４】

これは、１００をはるかに上回り、いくつかの組成では１０００を上回る比誘電率ε_rを有する、ＰＺＴで形成される圧電体を使用する場合とは対照的である。電極間の静電容量は、介在する誘電体の比誘電率ε_rの関数である（平行板コンデンサの場合は、に比例する）。圧電体の静電容量はそれぞれの消費電力に影響を与え、（ＰＺＴを用いた、対応するデバイスと比較して）比較的低い誘電率を有する材料を使用することにより、圧電体は、低減された消費電力及び／又はより高いノズル密度を可能にする、（ＰＺＴを用いた、対応するデバイスと比較して）比較的低い静電容量を有する。

【００５５】

圧電体は、１００Ｖ／μｍ超の絶縁破壊電圧を有する場合がある。

【００５６】

１００Ｖ／μｍ超の絶縁破壊電圧を有する圧電材料を選択することにより、約５０Ｖ／μｍの絶縁破壊電圧を有するＰＺＴの場合よりも大きな作動力を印加することができる。

【００５７】

典型的に、ＣＭＯＳ制御回路は、１００Ｖ／μｍ超の電位勾配を圧電体内に（例えば、構造によっては両側に）印加するように構成されている。ＣＭＯＳ制御回路は、１００Ｖ／μｍ超の電位勾配を圧電体内に（例えば、構造によっては両側に）第１の方向で印加し、次に、１００Ｖ／μｍ超の電位勾配を圧電体内に（例えば、構造によっては両側に）反対方向で印加するように構成され得る。

【００５８】

本方法は、圧電体内に（例えば、構造によっては両側に）１００Ｖ／μｍ超の電位勾配を生成するために、第１の電極及び第２の電極に電位を印加することを含み得る。本方法は、１００Ｖ／μｍ超の電位勾配を圧電体内に（例えば、構造によっては両側に）第１の方向で生成し、次に、１００Ｖ／μｍ超の電位勾配を圧電体内に（例えば、構造によっては両側に）反対方向で生成するために、第１の電極及び第２の電極に電位を印加することを含み得る。

【００５９】

１００Ｖ／μｍ超の絶縁破壊電圧を有する圧電材料を使用することで、ＰＺＴと比較すると、低減されたアクチュエータ力が相殺されることを可能にすることができる。

【００６０】

ＣＭＯＳ制御回路は、（ａ）デジタルレジスタを備えることもあり得る。ＣＭＯＳ制御回路は、（ｂ）ノズルトリミング計算回路及び／又はレジスタを備えることもあり得る。ＣＭＯＳ制御回路は、（ｃ）温度測定回路を備えることもあり得る。ＣＭＯＳ制御回路は、（ｄ）流体チャンバ充填検出回路を備えることもあり得る。

【００６１】
デジタルレジスタは、例えば、シフトレジスタ、又はラッチレジスタであり得る。本方法は、ＣＭＯＳ制御回路内のレジスタにデータを記憶すること、又は、レジスタからデータを読み取ることを含み得る。本方法は、ＣＭＯＳ測定回路の感温構成要素を使用して、温度を測定することを含み得る。本方法は、流体チャンバの充填レベルを測定することを含み得る。
【００６２】
ＣＭＯＳ制御回路は、ＣＭＯＳ制御回路によって記憶されたデータ、又は、典型的に、液滴エジェクタアセンブリ内にある１つ以上のセンサからの測定値に応答して、１つ以上の圧電アクチュエータの１つ以上の電極に印加された電圧パルスを修正するように構成されていることもあり得る。本方法は、ＣＭＯＳ制御回路に記憶されたデータ、又は、典型的に、液滴エジェクタアセンブリ内にある１つ以上のセンサからの測定値に応答して、１つ以上の圧電アクチュエータの１つ以上の電極に印加される電圧パルスを修正する、ＣＭＯＳ制御回路を含み得る。
【００６３】
電圧パルスを修正することは、それらを時間的にシフトすることを含み得る。電圧パルスを修正することは、それらを圧縮又は伸長することを含み得る。電圧パルスを修正することは、それらの大きさを修正することを含み得る。電圧パルスを修正することは、異なるプロファイルを有する、受信されたアクチュエータ駆動パルスの、複数の（典型的に、繰り返す）シーケンス間で交換することを含み得る。ＣＭＯＳ制御回路は、典型的に、ＣＭＯＳ制御回路によって記憶された個々の圧電アクチュエータに関するデータ、又は１つ以上のセンサからの測定値に応答して、１つ以上の個々の圧電アクチュエータの１つ以上の電極に印加された電圧パルスを修正するように構成され、本方法は、典型的に、そのような電圧パルスを修正することを含む。
【００６４】
ＣＭＯＳ制御回路が、吐出トランジスタを備えることもあり得る。吐出トランジスタは、典型的に、圧電アクチュエータの電極と電気的に直接（切り替え型半導体接合を介在させることなく）通信する。本方法は、吐出トランジスタを制御して、吐出トランジスタからの電位出力を、圧電アクチュエータの電極に直接印加させることを含み得る。
【００６５】
液滴エジェクタアセンブリは、それぞれの液滴吐出口を有する複数の当該流体チャンバと、基板の第１の表面上の１つ以上の層によって形成される複数の当該圧電アクチュエータ素子と、を備えることもあり得、各圧電アクチュエータが、圧電体と、圧電体と接触する第１の電極及び第２の電極とを備え、各圧電アクチュエータ素子が、それぞれの流体チャンバの一部を画定する。したがって、液滴エジェクタアセンブリは、独立して作動可能な、複数の液滴エジェクタを備え得る。典型的に、ＣＭＯＳ制御回路は、複数の圧電アクチュエータ素子を制御する。この場合も、各液滴吐出口は、圧電アクチュエータ素子とは別個であり得る。各流体チャンバ、圧電アクチュエータ素子、及び圧電体は、本明細書に記載されている通りであり得る。
【００６６】
液滴エジェクタアセンブリは、アクチュエータ駆動パルスを受信するための電気入力を備えている場合がある。本方法は、アクチュエータ駆動パルスを受信するステップを含み得る。
【００６７】
コントローラは、（典型的に、一連の）アクチュエータ駆動パルスを生成するように構成されたパルス生成器を備えている場合がある。液滴エジェクタアセンブリは、典型的に、アクチュエータ駆動パルスが受信されるコントローラに接続された電気入力を備える。本方法は、アクチュエータ駆動パルスを（例えば、コントローラで）生成し、電気接続を通して、それらを液滴エジェクタアセンブリに伝導するステップを含み得る。
【００６８】

アクチュエータ駆動パルスは、典型的に、アナログ信号である。アクチュエータ駆動パルスは、典型的に、周期的な繰り返し電圧波形を含む。

【００６９】

ＣＭＯＳ制御回路は、複数の圧電アクチュエータのうちの圧電アクチュエータ又は各圧電アクチュエータの少なくとも１つの電極を、受信されたアクチュエータ駆動パルスに、切り替え式に接続又は接続解除し、これにより、圧電アクチュエータを選択的に作動させるように構成されている場合がある。本方法は、複数の圧電アクチュエータのうちの圧電アクチュエータ又は各圧電アクチュエータの少なくとも１つの電極を、受信されたアクチュエータ駆動パルスに、切り替え式に接続又は接続解除し、これにより、圧電アクチュエータを選択的に作動させることを含み得る。

【００７０】

コントローラは、アクチュエータ駆動パルスの複数のシーケンスを生成する、１つ以上のパルス生成器を備え、液滴エジェクタアセンブリの電気入力は、コントローラへの複数の電気接続を通して、（１つ以上のパルス生成器によって生成された）アクチュエータ駆動パルスの複数のシーケンスを受信し、ＣＭＯＳ制御回路は、複数の圧電アクチュエータのうちの圧電アクチュエータ又は各圧電アクチュエータの少なくとも１つの電極を、複数の異なるシーケンスの受信されたアクチュエータパルスから選択された、受信されたアクチュエータ駆動パルスに、切り替え式に接続又は接続解除するように構成されている場合がある。本方法は、複数の異なるシーケンスのアクチュエータ駆動パルスを（例えば、コントローラで）生成し、それらを別個の電気接続を通して、液滴エジェクタアセンブリに伝導することと、複数の圧電アクチュエータのうちの圧電アクチュエータ又は各圧電アクチュエータの少なくとも１つの電極を、複数の異なるシーケンスのアクチュエータ駆動パルスのうちの可変（及び、選択可能）のパルスから受信された、１つ以上の受信されたアクチュエータ駆動パルスに、切り替え式に接続又は接続解除することと、を含む場合がある。

【００７１】

圧電アクチュエータの少なくとも１つの電極が接続されるアクチュエータパルスの受信されたシーケンスに関する選択は、それぞれの圧電アクチュエータに固有の記憶されたデータに応答する、及び／又は、それぞれの圧電アクチュエータの動作の測定値に応答し得る。したがって、ＣＭＯＳ制御回路は、典型的に、各圧電アクチュエータが、一連の周期的な液滴吐出決定点の各々で液滴を吐出するかどうかを選択することができ、本方法は、典型的に、各圧電アクチュエータが、一連の周期的な液滴吐出決定点の各々で液滴を吐出するかどうかを選択することを含む。決定点とは、特定の圧電アクチュエータの少なくとも１つの電極に、アクチュエータ駆動パルスを伝達するかどうかが判定される、そのアクチュエータ駆動パルスの開始前の時間を指す。いくつかの実施形態では、ＣＭＯＳ制御回路は、複数のアクチュエータパルスの中から（アクチュエータパルスの同じストリーム、又は異なるストリームから）どのアクチュエータパルスが、各当該液滴吐出決定点において、それぞれの圧電アクチュエータの少なくとも１つの電極に印加されるかを選択することもでき、本方法は、典型的に、複数のアクチュエータパルスの中から（アクチュエータパルスの同じストリーム、又は異なるストリームから）どのアクチュエータパルスが、各当該液滴吐出決定点において、それぞれの圧電アクチュエータの少なくとも１つの電極に印加されるかを選択することを含む。

【００７２】

典型的に、アクチュエータ駆動パルスは周期的に繰り返す。アクチュエータ駆動パルスは、コントローラによって増幅される場合がある。アクチュエータ駆動パルスは、液滴エジェクタアセンブリによって増幅されない場合がある。液滴エジェクタアセンブリは、アクチュエータ駆動パルスを生成しない場合がある。

【００７３】

典型的に、パルス生成器からのパルスは、複数の液滴エジェクタアセンブリの一部であり得る、複数の制御回路に伝導される。したがって、単一のパルス生成器回路は、同じ基

板上の複数の圧電トランスデューサ、及び／又は、それぞれが複数の圧電トランスデューサを有する別個の基板を有する、複数の液滴エジェクタアセンブリを駆動し得る。

【００７４】

デジタル作動制御信号は、典型的に、コントローラから受信される。デジタル作動制御信号は、典型的に、フレキシブルコネクタを通して受信される。デジタル作動制御信号は、シリアル形態で受信され得、ＣＭＯＳ制御回路内のシフトレジスタを使用して、パラレル制御信号に変換され得る。

【００７５】

コントローラは、液滴エジェクタアセンブリ（又は、複数の液滴エジェクタアセンブリ）に伝導される、アクチュエータ駆動パルス、及び液滴エジェクタアセンブリ（又は、複数の液滴エジェクタアセンブリ）に伝導される、デジタル制御信号を生成するように構成されたパルス生成器を備え、デジタル制御信号は、液滴エジェクタアセンブリのＣＭＯＳ制御回路で処理されて、どのアクチュエータ駆動パルスが、液滴吐出を引き起こすために、１つ以上の液滴エジェクタアセンブリの該圧電アクチュエータ、又は複数の圧電アクチュエータの、少なくとも１つの電極に伝導されるかを判定する場合がある。

【００７６】

本方法は、アクチュエータ駆動パルス（例えば、コントローラで）及びデジタル制御信号を生成することと、アクチュエータ駆動パルス及びデジタル制御信号の両方を、液滴エジェクタアセンブリのＣＭＯＳ制御回路に伝導することと、を含み、ＣＭＯＳ制御回路は、デジタル制御信号を処理し、かつ、それに応答して、液滴吐出を引き起こすために、選択されたアクチュエータ駆動パルスを、１つ以上の液滴エジェクタアセンブリの該圧電アクチュエータ又は複数の圧電アクチュエータの少なくとも１つの電極に伝導し得る。

【００７７】

したがって、典型的に、アナログアクチュエータ駆動パルス及びデジタル制御信号は、ＣＭＯＳ制御回路によって（及び典型的に、液滴エジェクタアセンブリによって）入力される。典型的に、デジタル制御信号を使用して、アナログアクチュエータ駆動パルスを選択的に切り替え、これにより、それらを圧電アクチュエータに選択的に送信する。

【００７８】

これにより、増加した電圧の管理が可能となり、ＰＺＴ以外の圧電材料、及び／又は非強磁性圧電材料の制約を相殺する。

【００７９】

いくつかの実施形態では、ＣＭＯＳ制御回路は、切り替え式に接続するように構成され、本方法は、液滴吐出を引き起こすために、接地及び単一の固定非ゼロ電圧線、又は異なる電圧の複数の固定電圧線（これらのうちの１つ以上が、接地であり得る）のうちの１つ以上を、圧電アクチュエータの一方の又は両方の電極に、切り替え式に接続することを含み得る。例えば、ＣＭＯＳ制御回路は切り替え得、本方法は、液滴吐出を引き起こすために、接地への接続と、固定電圧線、又は異なる電圧の複数の固定電圧線への接続との間で電極を切り替え、かつ、再び接地に戻すことを含み得る。

【００８０】

接地への接続と、固定電圧線への接続との間で、又は、固定電圧線間で電極を切り替えることは、ラッチを動作させることを含み得る。

【００８１】

ＣＭＯＳ制御回路は、同じ基板上の１つ以上の当該層によって形成され、かつ、（異なるそれぞれの液滴吐出口を有する）異なるそれぞれの流体チャンバの一部を画定する、少なくとも３つ（又は、少なくとも４つ）の当該圧電アクチュエータ素子を個別かつ選択的に作動させるように構成されており、任意選択的に、当該少なくとも３つの（又は、少なくとも４つの）アクチュエータ素子は、異なる色若しくは組成の流体を吐出するように、又は、冗長液滴吐出口として構成されている場合がある。

【００８２】

当該少なくとも３つの（又は、少なくとも４つの）アクチュエータ素子は、基板上に（

任意選択的に互いに隣接し、任意選択的に一列に）位置し、ＣＭＯＳ制御回路は、１つ以上の電気信号導体を有するフレキシブルプリントヘッドケーブルに接続され、ＣＭＯＳ制御回路は、同じ信号導体を通して受信された作動コマンドに応答して、少なくとも３つ（又は、少なくとも４つ）のアクチュエータ素子のうちのアクチュエータ素子を、個別かつ選択的に作動させるように構成されている場合がある。

【００８３】

したがって、少なくとも３つ（又は、少なくとも４つ）のアクチュエータ素子を駆動するように構成されたＣＭＯＳ制御回路の一体化により、個々の信号導体は、少なくとも３つ（又は、少なくとも４つ）の圧電アクチュエータ素子の個々のアクチュエータ素子の作動につながる、制御信号を送信し得る。典型的に、制御信号は、デジタル制御信号である。

【００８４】

少なくとも３つの（又は、少なくとも４つの）圧電アクチュエータ素子は、圧電アクチュエータ素子のグループであって、例えば、同じ色若しくは組成の流体を吐出する（例えば、同じ流体供給と流体連通する、流体チャンバを有する）、又は、異なる色若しくは組成の流体を吐出する（例えば、別個の流体供給と流体連通する流体チャンバを有する）ように構成された圧電アクチュエータ素子のグループ、又は、複数（典型的に、少なくとも３つ、又は少なくとも４つ）のサブグループに分けられている圧電アクチュエータ素子のグループを含み得、又は、そのグループであり得、各サブグループの圧電アクチュエータ素子は、同じ色又は組成の流体を吐出する（例えば、同じ流体供給と流体連通する、流体チャンバを有する）ように構成され、サブグループの一部又は全ての圧電アクチュエータ素子は、異なる色又は組成の流体を吐出する（例えば、別個の流体供給と流体連通する）ように構成されている。同じサブグループの圧電アクチュエータ素子はアレイ状に配置され得、それぞれのサブグループに対して、複数のアレイが存在し得る。

【００８５】

ＣＭＯＳ制御回路は、ＣＭＯＳ制御回路が作動制御信号を受信する信号導体よりも、少なくとも２倍の数の圧電アクチュエータ素子を、個別かつ選択的に作動させるように構成されている場合がある。

【００８６】

当該ＣＭＯＳ制御回路は、少なくとも１２８個（又は、少なくとも２５６個）の圧電アクチュエータ素子を、個別かつ選択的に作動させるように構成され、ＣＭＯＳ制御回路は、最大で３２個（又は、最大で１６個）の信号導体を通して、作動制御信号を受信する場合がある。

【００８７】

ＣＭＯＳ制御回路は、１つ以上の信号導体を通してシリアル形態で受信されたデジタル信号を、液滴吐出を同時に（すなわち、並行して）実行するように作動される圧電アクチュエータの選択に変換するように構成されている、シリアルパラレル変換回路を備え得る。シリアルパラレル変換回路は、典型的に、１つ以上のシフトレジスタを備える。

【００８８】

液滴エジェクタアセンブリは、当該層のうちの１つ以上と接触しており、かつ、異なる色又は組成の液体の流体を、異なる該流体チャンバに供給するための、少なくとも３つの別個の流体供給マニホルドを画定する、流体供給ブロックを更に備える場合がある。

【００８９】

流体供給マニホルドは、複数の流体チャンバの各々に同じ組成の流体を供給するために、複数の流体チャンバの各々に接続されている流体導管を備え、複数の流体チャンバの各々の一部を画定する圧電アクチュエータ素子は、ＣＭＯＳ制御回路により、典型的に、同じ信号導体を通して受信された作動コマンドに応答して、作動される場合がある。

【００９０】

液滴エジェクタアセンブリは、典型的に、ドロップオンデマンドの液滴エジェクタアセンブリであり、例えば、ドロップオンデマンドプリントヘッドの一部である。

【００９１】
本発明は、共通のコントローラから駆動される複数の液滴エジェクタアセンブリを備える、プリントヘッド（例えば、ページ幅のプリントヘッド）にまで及ぶ。
【００９２】
第４の態様では、本発明は、本発明の第１の態様又は第２の態様によるプリントヘッド用の液滴エジェクタアセンブリを製造する方法にまで及び、本方法は、第１の表面を有する基板を提供することと、第１の表面上にＣＭＯＳ制御回路を形成することと、第１の表面上に複数の層を形成することと、を含み、複数の層は、第１の電極及び第２の電極と、圧電体と、を備える、圧電アクチュエータ素子を備える。
【００９３】
圧電アクチュエータを形成するステップは、典型的に、第１の電極を形成することと、４５０℃未満の温度において、第１の電極上に１つ以上の圧電材料の少なくとも１つの層を形成することと、１つ以上の圧電材料の少なくとも１つの層上に第２の電極を形成することと、を含む。第１の電極を形成するステップ、及び第２の電極を形成するステップも、典型的に、４５０℃未満の温度で実行される。典型的に、１つ以上の層の各々は、４５０℃未満の温度で形成される。したがって、４５０℃未満の温度で圧電アクチュエータを形成する（例えば、第１の電極、１つ以上の圧電材料、及び第２の電極を形成する）ことにより、（例えば、駆動回路の）少なくとも１つの電子構成要素への重大な損傷なしに、圧電アクチュエータを、当該少なくとも１つの電子構成要素と一体化することが可能になる。
【００９４】
本方法は、３００℃未満の温度で圧電アクチュエータを形成することを含む場合がある。圧電アクチュエータを形成するステップは、第１の電極を形成することと、３００℃未満の温度において、第１の電極上に１つ以上の圧電材料の少なくとも１つの層を形成することと、１つ以上の圧電材料の少なくとも１つの層上に第２の電極を形成することと、を含み得る。第１の電極を形成するステップ及び第２の電極を形成するステップはまた、３００℃未満の温度で実行され得る。
【００９５】
３００℃未満の温度で圧電アクチュエータを形成する（例えば、第１の電極、１つ以上の圧電材料、及び第２の電極を形成する）ことにより、ＣＭＯＳ制御回路への損傷を更に少なくして、圧電アクチュエータをＣＭＯＳ制御回路と一体化することが可能になる。
【００９６】
本方法は、典型的に、４５０℃未満（又は３００℃未満）の基板温度で圧電アクチュエータを形成することを含む。換言すれば、圧電アクチュエータを形成する間、基板の温度は典型的に、４５０℃（又は３００℃）に到達又は超過することはない。したがって、圧電アクチュエータを形成するステップは、典型的に、第１の電極を形成することと、４５０℃未満（又は３００℃未満）の基板温度において、第１の電極上に１つ以上の圧電材料の少なくとも１つの層を形成することと、１つ以上の圧電材料の少なくとも１つの層上に第２の電極を形成することと、を含む。第１の電極を形成するステップ及び第２の電極を形成するステップはまた、典型的に、４５０℃未満（又は３００℃未満）の基板温度で実行される。基板の温度は、液滴エジェクタアセンブリ（例えば、その全体）の製造中に、４５０℃（又は３００℃）に到達又は超過しない場合がある。
【００９７】
１つ以上の層の全てを形成するステップは、４５０℃未満（又は、より典型的には３００℃未満）の温度で実行される場合がある。
【００９８】
４５０℃未満（又は、より典型的に、３００℃未満）の温度で圧電アクチュエータを形成するステップは、４５０℃未満（又は、より典型的に、３００℃未満）の温度で圧電アクチュエータを堆積することを含こともあり得る。４５０℃未満（又は、より典型的に、３００℃未満）の温度で圧電アクチュエータを形成するステップは、４５０℃未満（又は

、より典型的に、３００℃未満）の温度における、１つ以上の物理蒸着法によって、圧電アクチュエータを堆積することを含こともあり得る。

【００９９】

物理蒸着法（例えば、低温物理蒸着法）は、典型的に、以下の蒸着法のうちの１つ以上を含む。陰極アーク蒸着、電子ビーム物理蒸着、蒸着、パルスレーザー蒸着、スパッタ蒸着。スパッタ蒸着は、単一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み得る。

【０１００】

圧電体を形成するステップは、４５０℃未満（又は、より典型的に、３００℃未満）の温度において、１つ以上の圧電材料の少なくとも１つの層を堆積することを含むこともあり得る。圧電体を形成するステップは、４５０℃未満（又は、より典型的に、３００℃未満）の温度において、物理蒸着法によって、１つ以上の圧電材料の少なくとも１つの層を堆積することを含むこともあり得る。

【０１０１】

本方法は、４５０℃未満（又は、より典型的に、３００℃未満）の温度において、圧電体の任意の堆積後処理を実行することを含み得る。本方法は、４５０℃未満（又は、より典型的に、３００℃未満）の温度において、圧電体をアニーリングすることを含み得る。しかしながら、より典型的には、本方法は、堆積後処理（例えば、アニーリング）ステップを含まない。

【０１０２】

圧電アクチュエータを形成するステップは、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つ以上の元素を含む、セラミック材料から、圧電体を形成することを含み得る。

【０１０３】

圧電体を形成するステップは、１つの圧電材料の少なくとも１つの層、又は２つ以上の圧電材料の層を形成することを含み得る。

【０１０４】

１つ以上の圧電材料の少なくとも１つの層を形成するステップは、当該１つ以上の圧電材料の１つの層を形成することからなり得る。代替的に、１つ以上の圧電材料の少なくとも１つの層を形成するステップは、当該１つ以上の圧電材料の２つ以上の層を形成することからなり得る。

【０１０５】

１つ以上の圧電材料は、窒化アルミニウムを含み得る。付加的に又は代替的に、１つ以上の圧電材料は、酸化亜鉛を含み得る。圧電アクチュエータを４５０℃未満（又は、より典型的に、３００℃未満）の温度で形成するステップ（例えば、４５０℃未満（又は、より典型的に、３００℃未満）の温度において、１つ以上の圧電材料の少なくとも１つの層を形成するステップ）は、４５０℃未満（又は、より典型的に、３００℃未満）の温度において、窒化アルミニウム（ＡｌＮ）及び／又は酸化亜鉛（ＺｎＯ）を堆積させることを含むこともあり得る。

【０１０６】

窒化アルミニウムは、純粋な窒化アルミニウムからなり得る。代替的に、窒化アルミニウムは、１つ以上の元素を含み得る（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み得る）。窒化アルミニウムは、以下の元素のうちの１つ以上を含み得る。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。

【０１０７】

圧電アクチュエータを４５０℃未満（又は、より典型的に、３００℃未満）の温度で形成するステップ（例えば、４５０℃未満（又は、より典型的に、３００℃未満）の温度において、１つ以上の圧電材料の少なくとも１つの層を形成するステップ）は、４５０℃未

満（又は、より典型的に、３００℃未満）の温度において、窒化アルミニウムスカンジウム（ＳｃＡｌＮ）を堆積することを含むこともあり得る。

【０１０８】

窒化アルミニウムスカンジウム中のスカンジウムの割合は、典型的に、製造可能範囲内の圧電定数d_{31}を最適化するために選択される。例えば、$Sc_xAl_{1-x}N$におけるxの値は、典型的に、$0 < x \leqq 0.5$の範囲から選択される。典型的に、スカンジウムの割合が大きいほど、d_{31}の値が大きくなる（すなわち、より強い圧電効果）。窒化アルミニウムスカンジウム中のスカンジウムの質量百分率（すなわち、重量百分率）は、典型的に、５％を超える。窒化アルミニウムスカンジウム中のスカンジウムの質量百分率（すなわち、重量百分率）は、典型的に、１０％を超える。窒化アルミニウムスカンジウム中のスカンジウムの質量百分率（すなわち、重量百分率）は、典型的に、２０％を超える。窒化アルミニウムスカンジウム中のスカンジウムの質量百分率（すなわち、重量百分率）は、典型的に、３０％を超える。窒化アルミニウムスカンジウム中のスカンジウムの質量百分率（すなわち、重量百分率）は、典型的に、４０％を超える。窒化アルミニウムスカンジウム中のスカンジウムの質量百分率（すなわち、重量百分率）は、５０％以下であり得る。

【０１０９】

１つ以上の圧電材料は、１つ以上のＩＩＩ－Ｖ半導体及び／又はＩＩ－ＶＩ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族の元素を含む、化合物半導体）を含むこともあり得る。そのようなＩＩＩ－Ｖ半導体及びＩＩ－ＶＩ半導体は、典型的に、六方晶ウルツ鉱型結晶構造で結晶化する。六方晶ウルツ鉱型結晶構造で結晶化するＩＩＩ－Ｖ半導体及びＩＩ－ＶＩ半導体は、典型的に、中心対称でない結晶構造により、圧電性である。したがって、圧電アクチュエータを４５０℃未満（又は、より典型的に、３００℃未満）の温度で形成するステップ（例えば、４５０℃未満（又は、より典型的に、３００℃未満）の温度において、圧電体を形成するステップ）は、４５０℃未満（又は、より典型的に、３００℃未満）の温度において、１つ以上のＩＩＩ－Ｖ半導体及び／又はＩＩ－ＶＩ半導体を堆積することを含むこともあり得る。

【０１１０】

１つ以上の圧電材料が、非強誘電性圧電材料を含むこともあり得る。強誘電体材料は、典型的に、強い印加電界下での（すなわち、堆積後の）ポーリングを必要とする。非強誘電性圧電材料は、典型的に、ポーリングを必要としない。

【０１１１】

圧電アクチュエータの圧電体は、典型的には３０ｐＣ／Ｎ未満、又はより典型的には２０ｐＣ／Ｎ未満、又は更により典型的には１０ｐＣ／Ｎ未満の大きさを有する、圧電定数d_{31}ををを有する。１つ以上の圧電材料は、典型的には３０ｐＣ／Ｎ未満、又はより典型的には２０ｐＣ／Ｎ未満、又は更により典型的には１０ｐＣ／Ｎ未満の大きさを有する、圧電定数d_{31}を有する。

【０１１２】

第１の電極を形成することは、典型的に、ノズル形成層上に金属（チタン、白金、アルミニウム、タングステン、又はそれらの合金など）の１つ以上の層を堆積させることを含む。金属は、（例えば、低温）ＰＶＤによって堆積され得る。金属は、典型的に、４５０℃未満（又は、より典型的に、３００℃未満）の温度で堆積される。

【０１１３】

圧電体上に第２の電極を形成することは、典型的に、圧電体上に金属（チタン、白金、アルミニウム、タングステン、又はそれらの合金など）の１つ以上の層を堆積させることを含む。金属は、（例えば、低温）ＰＶＤによって堆積され得る。金属は、典型的に、４５０℃未満（又は、より典型的に、３００℃未満）の温度で堆積される。

【０１１４】

本方法は、基板、ＣＭＯＳ制御回路、圧電アクチュエータ（例えば、第１の電極、圧電体、及び第２の電極を含む）、流体チャンバ、及び液滴吐出出力を一体的に形成（例えば

、一体化）し、これにより、モノリシック液滴エジェクタアセンブリを形成することを含み得る。液滴エジェクタアセンブリは、液滴エジェクタチップであり得る。

【０１１５】

本発明の任意の態様に関して開示される任意選択的な特徴は、本発明の各態様の任意選択的な特徴である。

【図面の簡単な説明】

【０１１６】

ここで、以下の図を参照して本発明を説明する。

【図１】先行技術の液滴エジェクタチップの概略断面図である。

【図２】本発明による、単一のアクチュエータを示す液滴エジェクタチップの断面図である。

【図３】図２のＣＭＯＳ及びアクチュエータを有する、モノリシック液滴エジェクタチップ基板の、更なる概略断面図である。

【図４】本発明による、考えられる液滴エジェクタチップ構成を示す。

【図５】本発明による、考えられる液滴エジェクタチップ構成を示す。

【図６】制御プリントヘッドの構成を示す。

【図７】制御プリントヘッドの構成を示す。

【図８】プリント制御回路の概略図である。

【図９】図９（ａ）～９（ｃ）はアクチュエータ制御パルスを示す。Ｘ軸は時間、Ｙ軸は、圧電体の厚さ１μｍ当たりの電圧である。

【図１０】単一アクチュエータ構成を示す、３つの代替的な液滴エジェクタチップを示す。

【図１１】単一アクチュエータ構成を示す、３つの代替的な液滴エジェクタチップを示す。

【図１２】単一アクチュエータ構成を示す、３つの代替的な液滴エジェクタチップを示す。

【発明を実施するための形態】

【０１１７】

図１を参照すると、既知のクラスのインクジェットプリントヘッド１は、シリコンプリントヘッド基板４上の層として形成された圧電アクチュエータ素子２を備える。アクチュエータ素子は各々、導管８を通してインクリザーバ１２と流体連通し、かつ６～２５μｍの範囲の半径を有するノズル１０と流体連通している、流体チャンバ６の壁を形成する。インク流体チャンバ及び導管は、ノズルを内部に有するノズル画定層１６で覆われた流体マニホルド層１４内に形成される。各アクチュエータの背後にあるチャンバ１８は、インクをそれぞれの流体チャンバ内に引き込み、それぞれのノズルから吐出するために、アクチュエータが屈曲するための空間を提供する。いくつかの実施形態では、チャンバは、図のように、屈曲空洞内に直接通じ得る。外部コントローラ２０は、個々の圧電アクチュエータをオンに切り換える、ラッチ及び／又はノズルトリムデータを有するチップオンフィルム（ＣＯＦ）を含むフレキシブル相互接続２２を介して、アクチュエータを駆動する。フレキシブル相互接続は、各圧電アクチュエータ用の個々の信号導体を含むパラレル接続２４を通して、シリコンに接続する。したがって、多くのアクチュエータを有するプリントヘッドの場合、フレキシブル相互接続は、多くの個別の信号導体を有する。例えば、１インチ当たり６００個のノズルがある場合、１インチ当たり、少なくとも６００個の個別の接続がある。１インチ当たり６００超の導電線の取り付けは、確実に達成することが非常に困難である。高解像度プリンターの目標は、１インチ当たり１０００を超える必要がある。このことは、高い目標解像度を達成するために、スキャンすることができない固定ページ幅のプリントヘッドで達成することが非常に重要である。したがって、１インチ当たり１２００ドットの４色プリントヘッドは、１インチ当たり４８００の接続を必要とする。

【０１１８】

図２を参照すると、本発明による（液滴エジェクタアセンブリとして機能する）液滴エジェクタチップ１００は、基板の第１の表面１０６上にＣＭＯＳ制御回路１０４を備えた、シリコン基板１０２を備える。更に、反対の第２の表面１０８上に、回路構成要素が存在し得る。当業者は、ＣＭＯＳ回路が、基板のドープ領域と、基板の第１の表面上に形成されるメタライゼーション層及び相互接続との、両方を含むことを理解するであろう。基板は、ＤＲＩＥエッチングされた開口部１１０を有する。この開口部は、傾斜した側壁を有する、異方性エッチングを使用して形成され得る。概して、１１２、１１４として示される複数の層が、基板の第１の表面上に形成される。層１１２は、ＣＭＯＳメタライゼーション層であり、金属導電トレースと、SiO_2、ＳｉＮ、ＳｉＯＮなどのパッシベーション絶縁体とを備える。これらの層のうちの全て又はいくつかは、本例では、ＡｌＮ又はＳｃＡｌＮで形成されるが、４５０℃未満の温度で処理可能な、別の好適な圧電材料で形成され得る、圧電体１２０を備える圧電アクチュエータ素子１１８を形成するために、開口部１１０を横切って延在する場合がある（又は延在しない場合がある）。圧電アクチュエータ素子は、シリコン、酸化シリコン、窒化シリコン、又はそれらの派生物などの材料の層１１５で、ダイアフラムを形成し、印加された電位が流体に接触するのを防止する、パッシベーション層１１３を有する。

【０１１９】

少なくとも１つのメタライゼーション層１１２は、外部コントローラ２０から制御回路へ、及び制御回路から圧電アクチュエータ素子へ、特に、圧電体の両端に電位差を印加し、それによって圧電体を作動させるように配置された、第１の電極及び第２の電極（図２には図示せず）へ、信号を伝導する、相互接続を含む。

【０１２０】

圧電アクチュエータ素子１１８は、導管１２４を通して、インク（インクジェットプリンタの場合）、又は別の印刷可能な流体（例えば、付加製造プリンタの場合）を受け取り、かつ、液体を吐出するためのノズル１２６と連通する、流体チャンバ１２２の壁を画定する。導管は、基板の表面上の層に取り付けられたチャネル画定層１２８によって画定され、例えば、シリコン基板のＤＲＩＥエッチング及び／又はウェーハ接合によって画定され得、ノズル画定層１３０は、プリントヘッドの外面を提供し、ノズル１２６を画定する開口部を有する。圧電アクチュエータ素子１１８、チャンバ１２２、及びノズル１２６は、概して１０１として示される液滴エジェクタを、一緒に形成する。

【０１２１】

図３は、図２の液滴エジェクタチップ１００の、ＣＭＯＳ／アクチュエータ基板及び電気接続のより詳細を示す。ＣＭＯＳ制御回路は、ドープシリコン１３２のパターン化された領域、及びメタライゼーション層１３４を備える。メタライゼーション層の数は、ＣＭＯＳ制御回路の複雑さに依存するが、多くのアプリケーションでは３層で十分なはずである。メタライゼーション層１１２は、ケーブル１３８がＣＭＯＳ制御回路に接続し、その後、圧電体１４０の対向する側に位置し、かつ圧電体１４０の対向する側に接触する、第１の電極１４０及び第２の電極１４２に接続されている、接触パッド１３６から延在する。ここでは２つの電極が示されているが、圧電体の両側、又は異なる領域に２つ以上の電極があり得る。

【０１２２】

複数の液滴エジェクタ（個々の圧電アクチュエータ、流体チャンバ、及び液滴吐出口）を有する、単一の（液滴エジェクタアセンブリとして機能する）液滴エジェクタチップ１００から形成されるプリントヘッドを示す図４及び５を参照すると、限られた数の信号導体を有するフレキシブルケーブル相互接続１３８は、外部コントローラを、ワイヤ１４４を通して、異なる色のインクを滴吐するための、１０１として示された複数の液滴エジェクタを備えるプリントヘッドアセンブリに接続する。複数の液滴エジェクタを備えた液滴エジェクタチップは、典型的に、単一のＣＭＯＳ／アクチュエータ基板から形成される。これらの例では、ＣＭＯＳ制御回路１０４の主要部分と同様に、ＣＭＯＳ制御回路は、各液滴エジェクタに関連付けられた別個の回路素子１０４’を含み、これは、例えば、各圧

電アクチュエータ用のラッチ及びエジェクタトランジスタを含み得る。

【０１２３】

図６及び７は、単一の液滴エジェクタチップ／基板を有するプリントヘッド（図６）のための、及び、個々の基板を有する、複数の異なる液滴エジェクタチップを有する、プリントヘッド（図７）のための、フレキシブルケーブル１４４、フレキシブルケーブル相互接続１３８、及び液滴エジェクタチップ１００の配置を示す。制御回路が基板で一体化しているため、信号導体の数は、個別のアクチュエータの数よりも少なくなる場合があり、場合によっては、別個のアクチュエータの数よりもはるかに少なくなる場合がある。

【０１２４】

図８は、本発明によるプリントヘッドの制御回路のブロック図である。アクチュエータ制御は、マシンコントローラ２２０と、液滴エジェクタチップ１００内のＣＭＯＳ回路１０４との間で分散される。それらは、単一又は複数のフレキシブルケーブル相互接続１３８を通って延在する導体によって、部分的に接続されている。複数のアクチュエータ１２０は、それぞれの電極１４０、１４２への電位の印加によって制御される。マシンコントローラは、関連データ及びプログラムコードを記憶するメモリ２０２を有する、マイクロプロセッサ又はマイクロコントローラなどのプロセッサ２００を少なくとも備える。有線又は無線の電子インターフェース２０４は、外部デバイスドライバから入力データを受信する。当業者は、マシンコントローラが、例えば、ディザマトリクスを使用して、印刷用の画素化パターンに画像を変換する１つの構成要素、及び、異なるノズル用の印刷パターンに画素化パターンを変換する別個の構成要素などの、いくつかの別個の構成要素又は機能モジュール間で分散され得ることを理解するであろう。

【０１２５】

マシンコントローラは、少なくとも１つの波形生成器と、１つ以上の駆動信号導体２１０を通して、（図９に示された）アクチュエータ制御パルスの連続パターンをプリントヘッドに提供する電圧増幅器２０８と、を備え得る。接地導体２１２も、マシンコントローラから液滴エジェクタチップ１００まで延在する。（明確にするために、プリントヘッド内の接地接続は図示せず）。プロセッサ２００は、典型的に、シリアルバスとしてデジタル制御信号２１４を生成し、プリントヘッドの動きと印刷を同期させる働きをするプリントヘッドへの、クロック信号２１６の送信も行う。コネクタは、ＣＭＯＳ制御エレクトロニクスの動作電圧に関連する、電圧レベルも提供する。

【０１２６】

プリントヘッド内では、接触パッド１３６がフレキシブルコネクタの導体に接続され、信号が、パターン化されたメタライズ層１１２を通してＣＭＯＳ制御回路１０４に送られ、ＣＭＯＳ制御回路から、それぞれの圧電アクチュエータ内の個々の圧電体１２０を作動させる電極１４０、１４２に送られる。基板１０２上の制御回路１０４は、電極１４０、１４２と電気的に直接（すなわち、更なる介在スイッチング半導体接合なしで）接続する出力を有する吐出トランジスタを含む、吐出スイッチ回路２２０を備える。吐出スイッチ回路は、アクチュエータ制御パルス信号を切り替え、電極のうちの１つが接地に接続されたままの場合、吐出スイッチ回路は、アクチュエータ当たりの単一のトランジスタと、又は、その電極に印加される信号を切り替える、電極当たりの単一のトランジスタと、同程度に単純であり得る。吐出スイッチ回路は、図４及び５の機構１０４’に対応する、各液滴エジェクタに近接する部分（例えば、トランジスタ、又はトランジスタ及びラッチ）を有する基板の周りに分散され得る。

【０１２７】

吐出スイッチ回路は、電力増幅を行わない。代わりに、アクチュエータ制御パルスを切り替え、パルスごとに、それぞれのアクチュエータに各パルスが中継されるかどうかを判定する。電圧増幅は、増幅器２０８によってマシンコントローラで実行される。

【０１２８】

吐出スイッチ回路は、ラッチ及びシフトトランジスタ２２２によって制御され、これらは、受信されたデータを処理する、例えば、受信されたシリアルデータを変換し、それら

をレジスタ２２６で記憶し、かつ、受信されたデータを使用して、連続するアクチュエータ発射イベントの各々の間に、どのアクチュエータが作動するかを判定する制御回路２２４から、デジタルデータを受信し、記憶する。制御回路２２８はまた、アクチュエータごとの電圧切り替えの正確なタイミングをカスタマイズするために使用される、トリムデータも記憶し、これは、典型的に、セットアップ時の較正ステップ中に判定され、ノズルの物理的レイアウト、セキュリティ情報、及び／又はノズル作動カウント履歴情報を示す、構成データ２３０を記憶し得る。制御回路２２４はまた、センサ２３２、２３４、２３６からデータを受信し、これらのうちのいくつかは、個々のアクチュエータ、例えば、ノズル充填レベルセンサに関連付けられ、かつ、これらのうちのいくつかは、プリントヘッド全体の機能、例えば、温度センサに関連するパラメータを感知する。

【０１２９】

図９は、代替的な実施形態において、波形生成器又は電圧増幅２０６によって生成される、考えられる３つの駆動波形を示す。Ｘ軸は、時間（ミリ秒単位）であり、Ｙ軸は、アクチュエータの厚さμｍ当たりの電位である。この例では、圧電体が非強誘電性材料で作製されているため、パルスは、どちらの方向にも印加され得る。図９（ａ）では、信号は０のデフォルト電圧を有し、各パルスにおいて、正の電位に切り替わり、所定の期間後にゼロに戻る。図９（ｂ）では、信号は０のデフォルト電圧を有し、最初に（圧電アクチュエータを一方向に変形させるために）正の電位に切り替えられ、次に、（圧電アクチュエータを反対方向に変形させるため）負の電位に切り替えられ、その後、ゼロに戻る。図９（ｃ）では、信号は２００Ｖのデフォルト電圧を有し、－２００Ｖの電圧に切り替えられ（圧電体の電界の方向を逆にして）、その後、２００Ｖに戻る。

【０１３０】

動作中、プロセッサ２００は、ビットマップなどの印刷データを、デジタル形態でインターフェース２０４を通して受信し、このデータを既知の手段によって処理して、一連の印刷命令を、シリアル接続２１６を通して各液滴エジェクタチップに送信する。これらの印刷命令は、印刷サイクル中に液滴を吐出するかどうか、及びいつ吐出するかに関する、液滴エジェクタチップごとの命令と同程度に詳細であり得る。一実施形態では、波形生成器は、個々の圧電アクチュエータの電極への印加に好適な繰り返し電圧パルスを生成する。これらは、プリントヘッドでの液滴吐出イベント間の時間を判定する時間間隔を伴って、周期的である。代替的に、電圧増幅２０８は、複数の電圧レベルのうちの単一の電圧レベルを、プリントヘッドアセンブリに提供し、維持し得る。液滴エジェクタチップ内の吐出トランジスタは、ＣＭＯＳ制御回路に従って、これらの電圧を切り替える。

【０１３１】

１つ以上の波形生成器はプリントヘッド上に位置しておらず、多数の圧電アクチュエータを駆動するために使用されるため、問題を引き起こすことなく、大量の熱を生成することができる。実質的な基板スペースの制約がないため、選択された、及び任意選択的に可変のスルーレートで、波形の形状を慎重に制御するように適合された、比較的複雑な回路であり得、電力増幅器は、同時に作動し得る全てのアクチュエータが一緒に作動する場合、最大可能電流要件までの所望の電圧を生成するように、選択され得る。

【０１３２】

個々のプリントヘッド基板上の制御回路２２４は、シリアル接続２１６を通して印刷命令を受信し、これらを処理する（例えば、シリアル命令からパラレル命令へ変換する）。クロック信号２１４を参照して、各印刷サイクル中に、液滴を吐出するために、個々の圧電アクチュエータを作動させるべきかどうかが判定され、このデータがラッチ２２２にロードされる。各印刷サイクル中の適切な時点において、ラッチされたデータが吐出スイッチ回路に渡され、それにより、受信された印刷波形が、それぞれのアクチュエータ素子の電極にいずれか切り替えられ、液滴吐出サイクルが実行されるか、又は、それぞれのアクチュエータ素子の両電極が接地に接続されたままであり、かつ、液滴エジェクタが液滴吐出サイクルを実行しない場合、液滴吐出サイクルが実行されない。

【０１３３】

センサ２３２、２３４、２３６は、印刷中に監視される。受信された印刷波形を、それぞれのアクチュエータ素子の電極に切り替える正確なタイミングは、感温ＣＭＯＳ素子を使用した温度測定に応答して、変更することができる。

【０１３４】

各ノズルは、プリントヘッドアセンブリに起因する、作動寿命に起因する、（単一のウェーハ上の、又はウェーハロット間の）ウェーハ製造の変動に基づいた、わずかに異なる吐出特性挙動（液滴量、速度）を有し得る。このデータは、ＣＭＯＳ制御回路によって、特定のノズルの駆動波形を変更するために、例えば、作動パルスの持続時間を変更する、若しくは別のレベルに切り替える、又は、特定のノズルを別の駆動波形に切り替えるために、使用することができる。

【０１３５】

いくつかのインクの粘度及び表面張力は、温度に非常に敏感であり、これにより、最終的に液滴の吐出特性を変更する。特定の印刷パターンにより、特定のノズルが連続的に発射し、その一方で他のノズルは散発的に発射する。これにより、可変の熱パターンが生じる。監視された温度は、波形を変更する、及び／又は、印刷速度の低減などの適切なアクションのために、制御情報をコントローラにフィードバックするために、制御回路が使用することができる。

【０１３６】

シフトレジスタは、液滴発射パターン情報をラッチレジスタに移動する。したがって、シフトレジスタは、シリアル接続とインターフェース接続し、所与の印刷サイクルにおいて、全ての印刷データをラッチレジスタに移動する。ラッチレジスタは、印刷コマンドを開始するために、吐出レジスタとインターフェース接続する。

【０１３７】

液滴エジェクタチップは、基板１０２上に、ＣＭＯＳ制御回路１０４、１３４、及び金属相互接続層１１２を、最初に形成することによって作製される。ＣＭＯＳ回路は、ｐ型基板又はｎ型基板へのイオン注入を含む、標準的なＣＭＯＳ処理方法によって形成され、相互接続も、後で、イオン注入、化学蒸着、物理蒸着、エッチング、化学機械的平坦化、及び／又は電気めっきなどの、標準的なプロセスによって形成される。

【０１３８】

電極１４０及び１４２を含む、材料からなる追加の層が、連続する薄膜堆積技術を使用して、介在する圧電体とともに基板上に形成される。各ステップは、ＣＭＯＳ制御回路への損傷を回避しなくてはならない。圧電体は、ＰＶＤ（低温スパッタリングを含む）により、４５０℃未満の温度で堆積され得る、ＡｌＮ又はＳｃＡｌＮなどの材料で形成される。電極は、例えば、チタン、白金、アルミニウム、タングステン、又はそれらの合金から形成される。基板を通る流体チャネル及び開口部は、ＤＲＩＥなどのエッチング手順を使用して形成され得る。チャネル画定層１２８は、シリコンＭＥＭＳ基板のＤＲＩＥエッチング及びウェーハ接合を使用して形成され得る。ノズル画定層は、後で画定するチャネル上への堆積、又はチャネルへの接着によって、金属、シリコンＭＥＭＳウェーハ、又はプラスチック材料から形成され得る。各液滴エジェクタチップは、フレキシブル相互接続を介して、マシンコントローラに接続される。図１による先行技術のデバイスとは対照的に、フレキシブル相互接続内の個別の導体の数は限られており、例えば、４～１６個の導体である。

【０１３９】

圧電体を形成する材料は、圧電体を含む圧電アクチュエータが形成されるＣＭＯＳ制御回路の損傷を回避する必要があるため、ＰＺＴにすることはできず、及びＰＺＴではない。したがって、圧電アクチュエータは、その正確な組成に応じて、ＰＺＴよりも、通常は少なくとも１桁、場合によっては２桁と、はるかに低い圧電定数d_{31}を有する。その表面上では、これは、プリントヘッドエジェクタが適切に動作することを不可能にする。しかしながら、以下の理由により、プリントヘッドエジェクタが、それにもかかわらず動作することが可能であることを見出した。

－ＡｌＮ、ＳｃＡｌＮ、及びＺｎＯなどの圧電材料は、ＰＺＴよりも高い絶縁破壊電圧を有することができるため、より高い電位勾配で動作され得、対応する力がアクチュエータに印加されることを可能にする。
－ＡｌＮ、ＳｃＡｌＮ、及びＺｎＯなどの圧電材料は、ＰＺＴよりも高いヤング率を有することができ、それらが付与することができる力を増加させる。
－いくつかの実施形態では、アクチュエータ制御パルスは、オフチップで生成され得、圧電アクチュエータを支持する基板上に制御回路を有するトランジスタによって切り替えられ得、必要なときに、比較的高い電圧を圧電体に印加することを可能にする。
－ＰＺＴ以外のいくつかの圧電材料は非強誘電性であるため、反対方向の電界によって、異なる方向に作動され、より大きな電界の変化（負の電界強度から正の電界強度へ、又はその逆）を可能にし、印刷サイクル中にアクチュエータに印加される力の変動を増加させる。

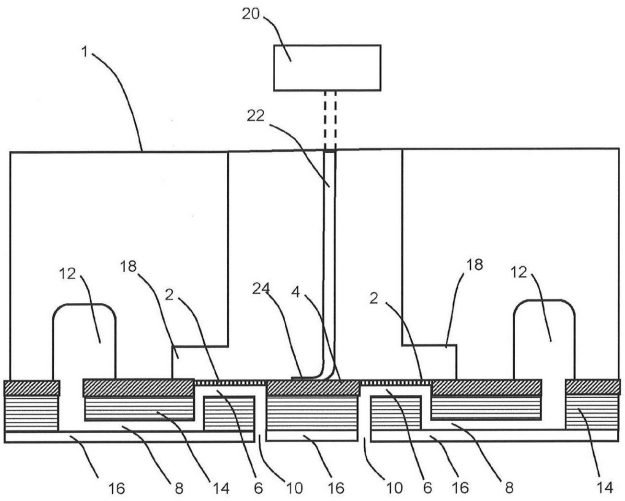
【０１４０】
液滴エジェクタチップは、代替的な構成を有し得、そのいくつかが、図１０～１２に示されており、既に説明したものに対応する機構には、対応する番号で標識されている。図１０及び１１の実施形態では、例えば、ＤＲＩＥエッチング手順、又は異方性エッチング手順を使用して、シリコン基板１０２を貫通して形成される、シリコン貫通孔がある。流体チャンバ１２２は基板内に延在し、ヘッド体積１１０は、作動中の気流のための出口を提供する。

【０１４１】
図４及び５を再び参照すると、フレキシブル相互接続は、プリントヘッドの縁に取り付けられ得、いくつか又は多くの個々の液滴エジェクタチップを駆動するために使用され得、例えば、異なる色のインク（又は、付加プリンターの場合の他の材料）用の液滴エジェクタチップ、又は異なる色のインク（又は他の材料）用の液滴エジェクタは、全て、個々の液滴エジェクタチップ内の単一の連続基板に形成され得る。

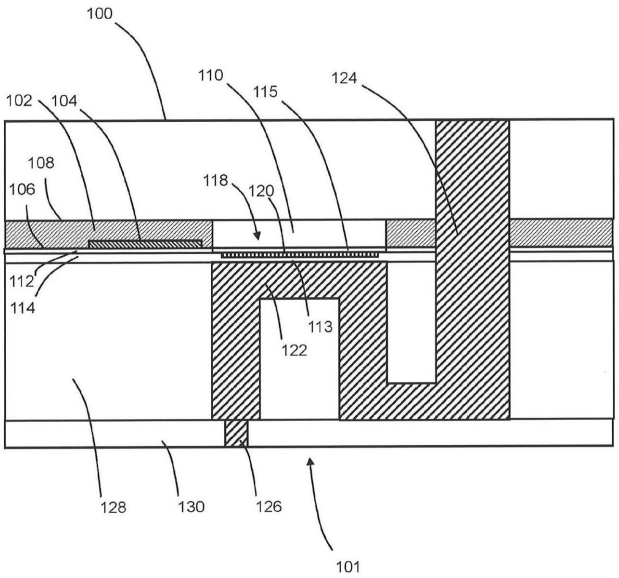
【０１４２】
代替的な実施形態では、波形生成器を含むマシンコントローラ、並びに、液滴エジェクタアセンブリ、及びその上のＣＭＯＳ制御回路に伝達される波形の代わりに、ＣＭＯＳ制御回路が圧電アクチュエータを作動させ、各圧電アクチュエータの１つ以上の電極に印加された電圧を、例えば、接地と固定電圧との間、又は複数の固定電圧レベルであって、これらのうちの１つ以上が接地であり得る、複数の固定電圧レベル間で、切り替えることによって、液滴吐出を引き起こす。この場合、フレキシブルコネクタ１３８は、マシンコントローラから液滴エジェクタチップまで固定電圧を伝える、１つ以上の導電体を含む。

【図面】

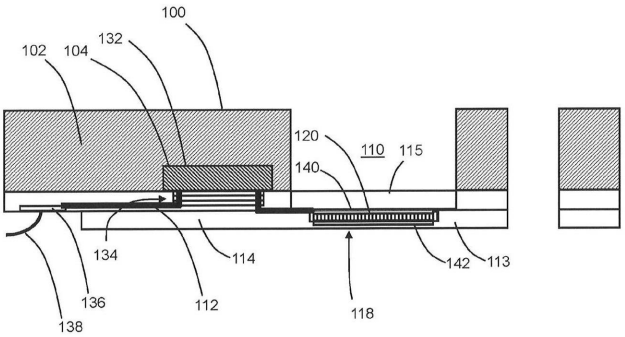
【図１】


20
1
22
12
18
2
24
4
18
2
12
16
8
14
6
10
16
10
6
16
8
14

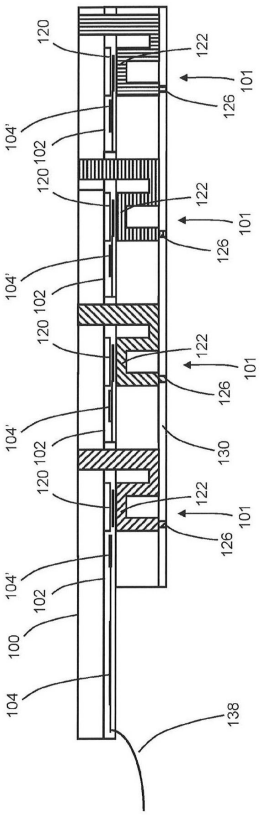
【図２】


100
110
115
124
102
104
108
106
118
120
112
114
113
122
128
130
126
101

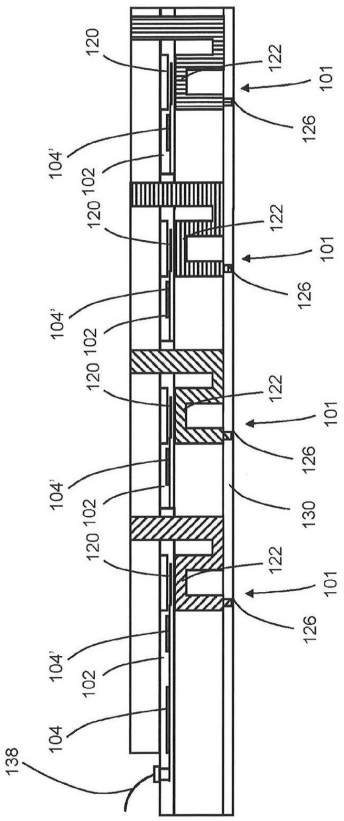
【図３】


100
102
104
132
120
110
115
140
134
114
142
113
136
112
118
138

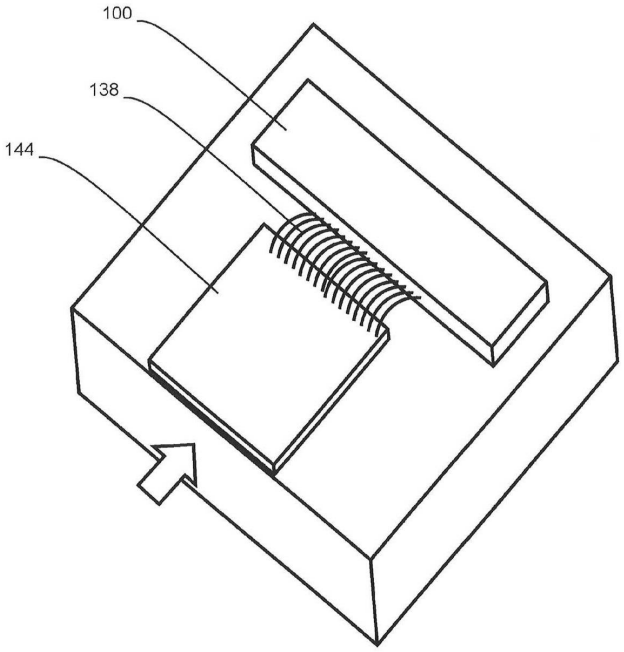
【図４】


120
122
101
126
104'
102
130
138
104

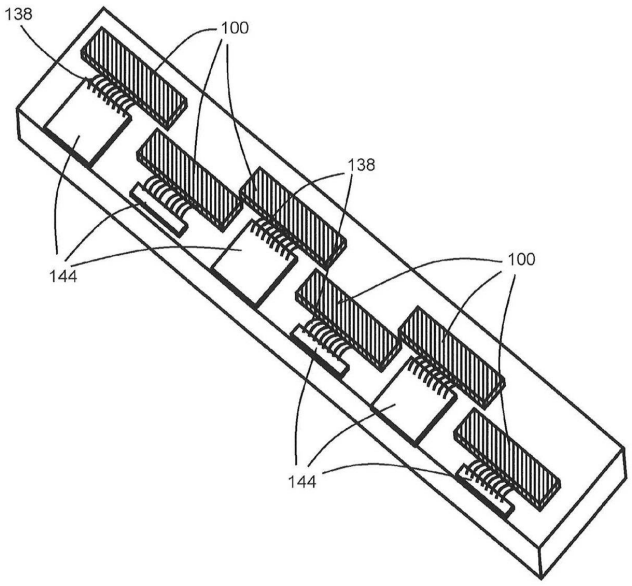
【図５】


120
122
101
126
104'
102
130
104
138

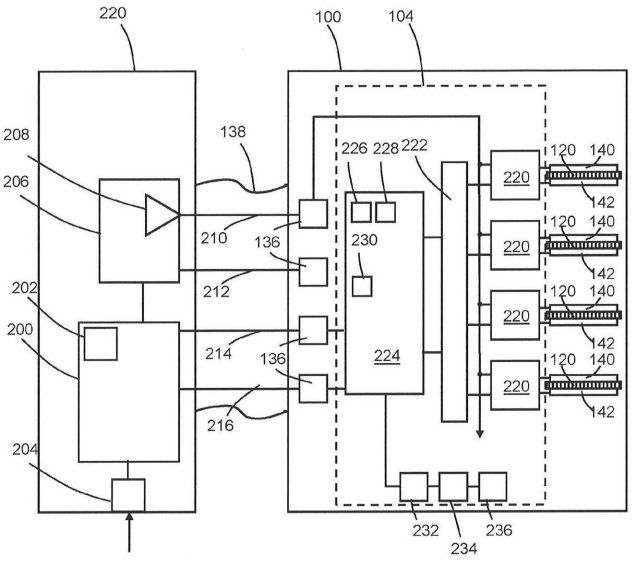
【図６】


100
138
144

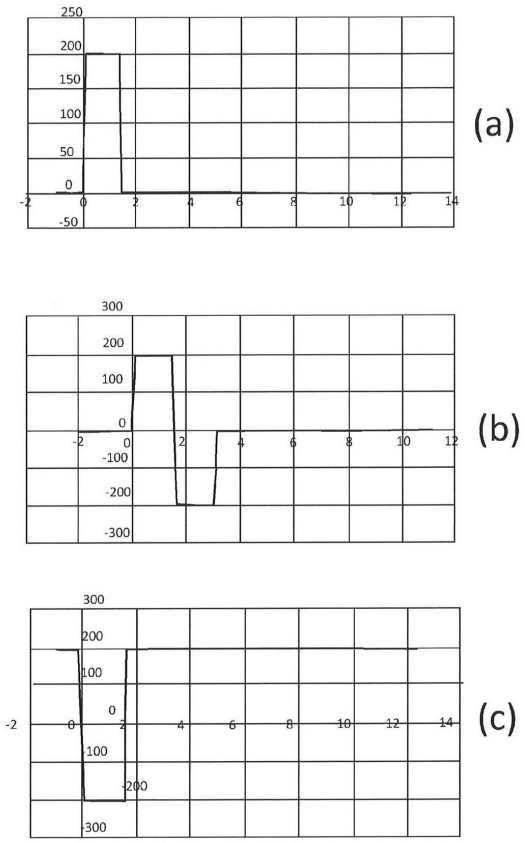
【図７】


138
100
144

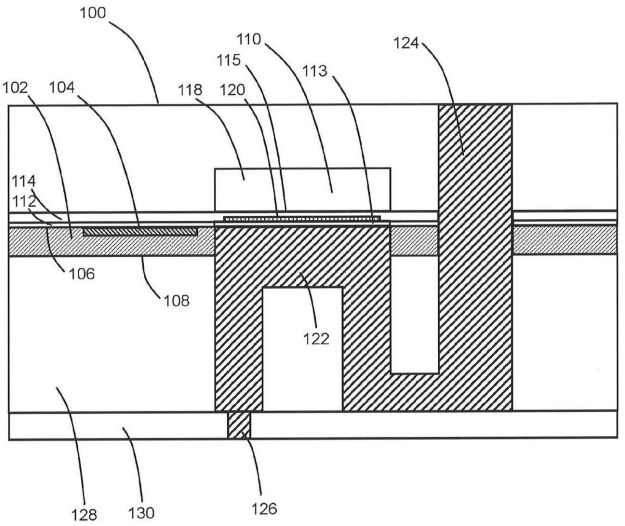
【図８】


220
100
104
208
206
202
200
204
138
210
212
214
216
136
226
228
222
230
224
120
140
142
232
234
236

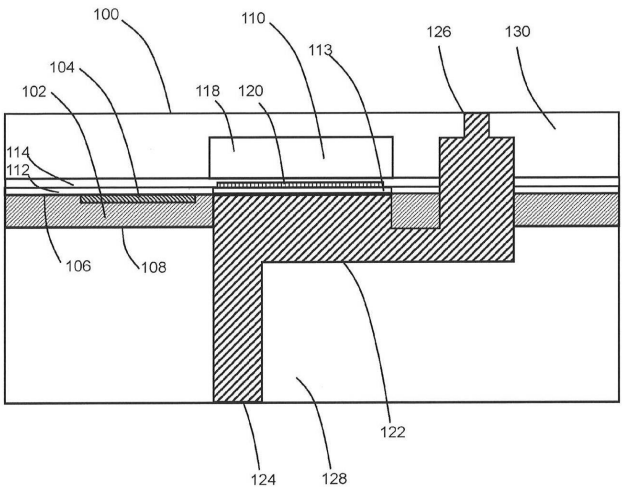
【図９】



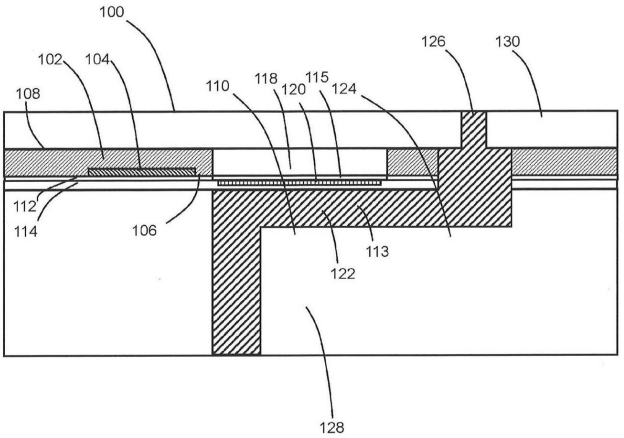
【図１０】



【図１１】



【図１２】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2021/062792

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B41J2/14
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B41J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2018/054917 A1 (MCAVOY GREGORY JOHN [IE]) 29 March 2018 (2018-03-29) page 10, line 21; figures 2,4a page 30, line 7 - line 17	1-8, 10-25
X	WO 2011/149469 A1 (HEWLETT PACKARD DEVELOPMENT CO [US]; VAN BROCKLIN ANDREW L [US] ET AL.) 1 December 2011 (2011-12-01) paragraph [0032]; figure 2	1,17,18, 22
A	US 2013/100211 A1 (KAWAKUBO TAKASHI [JP] ET AL) 25 April 2013 (2013-04-25) paragraph [0036]; figure 2	1,17,18, 22

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
29 July 2021	10/08/2021

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bardet, Maude

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2021/062792

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2018054917 A1	29-03-2018	EP 3515712 A1	31-07-2019
		GB 2554381 A	04-04-2018
		JP 2019530601 A	24-10-2019
		US 2019283424 A1	19-09-2019
		WO 2018054917 A1	29-03-2018
WO 2011149469 A1	01-12-2011	BR 112012030070 A2	09-08-2016
		CN 102905903 A	30-01-2013
		EP 2576225 A1	10-04-2013
		JP 5632964 B2	26-11-2014
		JP 2013527062 A	27-06-2013
		KR 20130090764 A	14-08-2013
		TW 201200364 A	01-01-2012
		US 2013106961 A1	02-05-2013
		WO 2011149469 A1	01-12-2011
US 2013100211 A1	25-04-2013	JP 5745382 B2	08-07-2015
		JP 2013086287 A	13-05-2013
		US 2013100211 A1	25-04-2013

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (April 2005)

フロントページの続き

MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IR,IS,IT,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

Fターム（参考） 2C057 AG44 AG68 AG92 AG93 AJ10 AK07 BA04 BA14

【要約の続き】

【選択図】図２