

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7050070号

(P7050070)

(45)発行日 令和4年4月7日(2022.4.7)

(24)登録日 令和4年3月30日(2022.3.30)

(51)国際特許分類

F I

B 4 1 J 2/14 (2006.01)

B 4 1 J 2/14 3 0 5

F 0 4 B 43/04 (2006.01)

F 0 4 B 43/04 B

請求項の数 28 (全28頁)

(21)出願番号	特願2019-532714(P2019-532714)	(73)特許権者	502122794
(86)(22)出願日	平成29年12月18日(2017.12.18)		フジフィルム デイマティックス, イン
(65)公表番号	特表2020-501945(P2020-501945		コーボレイテッド
	A)		アメリカ合衆国 ニューハンプシャー 0
(43)公表日	令和2年1月23日(2020.1.23)		3 7 6 6, レパノン, エトナ ロード
(86)国際出願番号	PCT/US2017/067016		1 0 9
(87)国際公開番号	WO2018/118774	(74)代理人	100073184
(87)国際公開日	平成30年6月28日(2018.6.28)		弁理士 柳田 征史
審査請求日	令和2年12月18日(2020.12.18)	(72)発明者	リウ, ウェイン
(31)優先権主張番号	62/436,276		アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 5 1
(32)優先日	平成28年12月19日(2016.12.19)		3 6, サン ノゼ, ビスタ ローマ ウ
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		エイ 3 7 5, ユニット 2 1 0
早期審査対象出願		(72)発明者	メンゼル, クリストフ
			アメリカ合衆国 ニューハンプシャー 0
			3 2 5 7, ニュー ロンドン, ノース
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 流体送達システムのためのアクチュエータ

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

印刷ヘッドであって、

圧送チャンバの少なくとも上面を画定する変形可能部分を備える支持構造と、

前記支持構造の変形可能部分上に配置されるアクチュエータであって、溝が、前記アクチュエータの上面内に画定され、前記アクチュエータの上面の中央領域から離れるように放射状に延在する、アクチュエータと

を備え、

前記溝は、前記変形可能部分の周の一部から内向きにオフセットされたループの少なくとも一部を画定し、

前記アクチュエータが活性層と不活性層を含み、前記溝が前記アクチュエータの厚さを通して延在する、印刷ヘッド。

## 【請求項 2】

前記アクチュエータへの電圧の印加は、前記アクチュエータを前記溝に沿って変形させ、それによって、前記変形可能部分の変形部に、流体の液滴を前記圧送チャンバから吐出させる、請求項 1 に記載の印刷ヘッド。

## 【請求項 3】

複数の放射状の溝を備え、前記複数の放射状の溝のそれぞれは、前記アクチュエータの上面の中央領域から離れるように放射状に延在する、請求項 1 に記載の印刷ヘッド。

## 【請求項 4】

前記複数の放射状の溝の内の放射状の溝は、前記放射状の溝が前記溝に出会う点において前記溝に対して垂直に配向される、請求項 3 に記載の印刷ヘッド。

【請求項 5】

前記溝と前記変形可能部分の周との間の距離は、前記溝と前記変形可能部分の前記上面の中央領域との間の距離よりも大きい、請求項 1 に記載の印刷ヘッド。

【請求項 6】

前記溝と前記変形可能部分の周との間の距離は、前記溝と前記変形可能部分の前記上面の中央領域との間の距離よりも小さい、請求項 1 に記載の印刷ヘッド。

【請求項 7】

前記溝は、第 1 の溝であり、さらに、前記アクチュエータの前記上面内に画定される第 2 の溝を備え、前記第 2 の溝は、前記第 1 の溝から放射状に延在する、請求項 1 に記載の印刷ヘッド。

10

【請求項 8】

前記第 2 の溝の第 1 の端部は、前記第 1 の溝に接続され、前記第 2 の溝の第 2 の端部は、前記アクチュエータの前記上面内に画定される第 3 の溝に接続され、前記第 3 の溝は、丸みを帯びた形状を有する、請求項 7 に記載の印刷ヘッド。

【請求項 9】

前記溝の幅は、0.1 マイクロメートル～10 マイクロメートルである、請求項 1 に記載の印刷ヘッド。

【請求項 10】

20

前記溝は、前記アクチュエータの前記上面から前記支持構造の前記変形可能部分の上面まで延在する、請求項 1 に記載の印刷ヘッド。

【請求項 11】

前記溝は、前記変形可能部分の周の少なくとも一部に重複する、請求項 1 に記載の印刷ヘッド。

【請求項 12】

前記溝は、第 1 のループの少なくとも一部を画定する第 1 の溝であり、第 2 の溝が、前記アクチュエータの前記上面内に形成され、前記第 2 の溝は、前記第 1 のループから分離される第 2 のループの少なくとも一部を画定する、請求項 1 に記載の印刷ヘッド。

【請求項 13】

30

前記溝は、第 1 の溝であり、第 2 の溝が、前記アクチュエータの前記上面内に形成され、さらに、前記第 1 の溝および前記第 2 の溝は、前記アクチュエータの前記上面の中央領域から離れるように放射状に延在し、かつ相互に平行である、請求項 1 に記載の印刷ヘッド。

【請求項 14】

前記溝は、第 1 の溝であり、第 2 および第 3 の溝が、前記アクチュエータの前記上面内に形成され、前記第 1 の溝は、前記アクチュエータの前記上面の中央領域から放射状に延在し、かつ前記第 2 の溝を前記第 3 の溝に接続し、前記第 2 の溝および前記第 3 の溝は、前記アクチュエータの前記上面の少なくとも一部の周囲に円周方向に延在する、請求項 1 に記載の印刷ヘッド。

【請求項 15】

40

前記溝は、前記アクチュエータの前記上面の中央領域から離れるように放射状に延在する、第 1 の溝であり、

第 2、第 3、および第 4 の溝が、前記アクチュエータの前記上面内に形成され、前記第 2 の溝は、前記アクチュエータの前記上面の少なくとも一部の周囲に円周方向に延在し、前記第 3 の溝は、前記アクチュエータの前記上面の前記中央領域から離れるように放射状に延在し、前記第 4 の溝は、前記アクチュエータの前記上面の少なくとも一部の周囲に円周方向に延在し、

前記第 1 の溝および前記第 2 の溝は、相互に接続され、前記第 3 の溝および前記第 4 の溝は、相互に接続され、前記第 1 および第 2 の溝は、前記第 3 および第 4 の溝から分離される、

50

請求項 1 に記載の印刷ヘッド。

【請求項 16】

前記圧送チャンバを含む複数の圧送チャンバと、  
前記アクチュエータを含む複数のアクチュエータと、  
をさらに備え、  
前記複数のアクチュエータの各々が、前記複数の圧送チャンバの対応する圧送チャンバと  
揃えられている、請求項 1 に記載の印刷ヘッド。

【請求項 17】

装置であって、  
リザーバと、  
印刷ヘッドであって、前記印刷ヘッドは、  
圧送チャンバの少なくとも上面を画定する変形可能部分を備える支持構造と、  
前記リザーバから前記圧送チャンバに流体を移送するために前記リザーバから前記圧送チャンバに延在する流路と、  
前記支持構造の前記変形可能部分上に配置されるアクチュエータであって、溝が、前記アクチュエータの上面内に画定され、前記アクチュエータの前記上面の中央領域から離れるように放射状に延在し、活性層および不活性層を含み、前記溝が前記アクチュエータの厚さを通して延在する、アクチュエータと  
を備え、

前記溝は、前記変形可能部分の周の一部から内向きにオフセットされたループの少なくとも一部を画定し、

前記アクチュエータへの電圧の印加は、前記アクチュエータを前記溝に沿って変形させ、  
それによって、前記支持構造の前記変形可能部分の変形部に、流体の液滴を前記圧送チャンバから吐出させる、印刷ヘッドと  
を備える、装置。

【請求項 18】

前記溝は、第 1 の溝であり、さらに、前記アクチュエータの前記上面内に画定される第 2 の溝を含み、前記第 2 の溝は、前記第 1 の溝から放射状に延在する、請求項 17 に記載の装置。

【請求項 19】

前記溝は、前記アクチュエータの前記上面の中央領域から離れるように放射状に延在する、請求項 17 に記載の装置。

【請求項 20】

前記溝は、前記アクチュエータの前記上面から前記支持構造の前記変形可能部分の上面まで延在する、請求項 17 に記載の装置。

【請求項 21】

前記溝は、第 1 のループの少なくとも一部を画定する第 1 の溝であり、第 2 の溝が、前記アクチュエータの前記上面内に形成され、前記第 2 の溝は、前記第 1 のループから分離される第 2 のループの少なくとも一部を画定する、請求項 17 に記載の装置。

【請求項 22】

前記溝は、第 1 の溝であり、第 2 の溝が、前記アクチュエータの上面内に形成され、前記第 1 の溝および前記第 2 の溝は、前記アクチュエータの前記上面の中央領域から離れるように放射状に延在し、かつ相互に平行である、請求項 17 に記載の装置。

【請求項 23】

前記印刷ヘッドは、  
前記圧送チャンバを含む複数の圧送チャンバと、  
前記アクチュエータを含む複数のアクチュエータと、  
を備え、  
前記複数のアクチュエータの各々が、前記複数の圧送チャンバの対応する圧送チャンバと  
揃えられている、請求項 17 に記載の装置。

**【請求項 2 4】**

方法であって、

圧電性アクチュエータを印刷ヘッドの支持構造上に配置することであって、前記支持構造は、前記印刷ヘッドの圧送チャンバを画定する、ことと、

前記圧電性アクチュエータの上面内に溝を、前記溝が、前記圧電性アクチュエータの前記上面の中央領域から離れるように放射状に延在するように形成することと

前記溝を形成することは、前記溝が、前記支持構造の変形可能部分の周の一部から内向きにオフセットされたループの少なくとも一部を画定するように、前記溝を形成することと、を含む、方法。

**【請求項 2 5】**

前記溝は、第 1 の溝であり、本方法はさらに、前記圧電性アクチュエータの前記上面内に第 2 の溝を形成することを含み、前記第 2 の溝は、前記第 1 の溝から放射状に延在する、請求項 2 4 に記載の方法。

**【請求項 2 6】**

複数の放射状の溝を形成することをさらに含み、前記複数の放射状の溝のそれぞれは、前記圧電性アクチュエータの前記上面の中央領域から離れるように放射状に延在する、請求項 2 4 に記載の方法。

**【請求項 2 7】**

前記溝を形成することは、前記圧電性アクチュエータの上面から前記支持構造の変形可能部分の外部上面まで前記溝を形成することを含む、請求項 2 4 に記載の方法。

**【請求項 2 8】**

前記溝が、前記アクチュエータの外周囲長内に位置する、請求項 1 の印刷ヘッド。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

(優先権主張)

本願は、2016年12月19日に出願された米国仮出願第62/436,276号に対する優先権を主張するものであり、該米国仮出願の全内容は、参照により本明細書中に援用される。

**【0002】**

本明細書は、流体送達システムのためのアクチュエータに関する。

**【背景技術】****【0003】**

インクジェット印刷は、複数のノズルを含むインクジェット印刷ヘッドを使用して実施されることができる。インクは、アクティブ化されると、インクジェット印刷ヘッドの中にもたらされ、ノズルは、インクの液滴を吐出し、基材上に画像を形成する。印刷ヘッドは、印刷ヘッドの圧送チャンバから流体を吐出するための変形可能なアクチュエータを伴う流体送達システムを含むことができる。アクチュエータは、変形され、圧送チャンバの容積を変化させることができる。アクチュエータが駆動されるにつれて、容積における変化は、流体を流体送達システムから吐出させることができる。アクチュエータは、変形されると、材料応力を被り得る。

**【発明の概要】****【課題を解決するための手段】****【0004】**

ある側面において、印刷ヘッドは、圧送チャンバの少なくとも上面を画定する変形可能部分を備える支持構造と、支持構造の変形可能部分上に配置されるアクチュエータであって、溝が、アクチュエータの上面内に画定される、アクチュエータとを含む。

**【0005】**

実施形態は、以下の特徴のうちの1つ以上のものを含むことができる。

**【0006】**

10

20

30

40

50

アクチュエータへの電圧の印加は、アクチュエータを溝に沿って変形させ、それによって、変形可能部分の変形部に、流体の液滴を圧送チャンバから吐出させる。

【 0 0 0 7 】

アクチュエータは、第 1 および第 2 の電極と、第 1 の電極と第 2 の電極との間の圧電層とを備え、印刷ヘッドは、第 1 および第 2 の電極の一方に電圧を印加し、変形可能部分を変形させるためのコントローラを備える。

【 0 0 0 8 】

コントローラは、変形可能部分が圧送チャンバから離れるように変形するように、第 1 および第 2 の電極の一方に電圧を印加するように構成される。

【 0 0 0 9 】

溝は、アクチュエータの上面の中央領域から離れるように半径方向外向きすなわち放射状に延在する。

【 0 0 1 0 】

印刷ヘッドは、それぞれ、アクチュエータの上面の中央領域から離れるように半径方向外向きすなわち放射状に延在する、複数の半径方向すなわち放射状の溝を含む。

【 0 0 1 1 】

半径方向の溝はそれぞれ、半径方向の溝が溝に出会う点において溝に対して垂直に配向される。

【 0 0 1 2 】

溝と変形可能部分の周との間の距離は、溝と変形可能部分の上面の中央領域との間の距離よりも大きい。

【 0 0 1 3 】

溝と変形可能部分の周との間の距離は、溝と変形可能部分の上面の中央領域との間の距離よりも小さい。

【 0 0 1 4 】

溝と支持構造の変形可能部分の周との間の距離は、変形可能部分の中心と変形可能部分の周との間の距離の 2 0 % ~ 8 0 % である。

【 0 0 1 5 】

溝は、溝が、変形可能部分の周から内向きにオフセットされるように、アクチュエータの上面に沿って延在する。

【 0 0 1 6 】

溝は、変形可能部分の周の一部から内向きにオフセットされた、ループの少なくとも一部を画定する。

【 0 0 1 7 】

溝は、第 1 の溝であり、さらに、アクチュエータの上面内に画定される、第 2 の溝を備え、第 2 の溝は、第 1 の溝から半径方向外向きに延在する。

【 0 0 1 8 】

第 2 の溝の第 1 の端部は、第 1 の溝に接続され、第 2 の溝の第 2 の端部は、アクチュエータの上面内に画定される第 3 の溝に接続され、第 3 の溝は、丸みを帯びた形状を有する。

【 0 0 1 9 】

溝の幅は、0 . 1 マイクロメートル ~ 1 0 マイクロメートルである。

【 0 0 2 0 】

溝は、第 1 の端部と、第 2 の端部とを有する曲線を画定し、曲線は、変形可能部分の周の一部から内向きにオフセットされる。

【 0 0 2 1 】

溝は、アクチュエータの上面から支持構造の変形可能部分の上面までのアクチュエータの厚さを通して延在する。

【 0 0 2 2 】

変形可能部分は、酸化物層を含み、溝は、酸化物層の上面まで延在する。

【 0 0 2 3 】

10

20

30

40

50

溝は、変形可能部分の周の少なくとも一部に重複する。

【 0 0 2 4 】

溝は、第 1 のループの少なくとも一部を画定する、第 1 の溝であり、第 2 の溝が、アクチュエータの上面内に形成され、第 2 の溝は、第 1 のループから分離される第 2 のループの少なくとも一部を画定する。

【 0 0 2 5 】

溝は、第 1 の溝であり、第 2 の溝が、アクチュエータの上面内に形成され、さらに、第 1 の溝および第 2 の溝は、アクチュエータの上面の中央領域から離れるように半径方向外向きに延在し、かつ相互に平行である。

【 0 0 2 6 】

溝は、第 1 の溝であり、第 2 および第 3 の溝が、アクチュエータの上面内に形成され、第 1 の溝は、アクチュエータの中央領域から半径方向外向きに延在し、かつ第 2 の溝を第 3 の溝に接続し、第 2 の溝および第 3 の溝は、外部表面を横断して円周方向に延在する。

【 0 0 2 7 】

溝は、アクチュエータの中心から離れるように半径方向外向きに延在する、第 1 の溝であり、アクチュエータはさらに、第 2、第 3、および第 4 の溝を画定し、第 2 の溝は、外部表面を横断して円周方向に延在し、第 3 の溝は、アクチュエータの中心から離れるように半径方向外向きに延在し、第 4 の溝は、外部表面を横断して円周方向に延在し、第 1 の溝および第 2 の溝は、相互に接続され、第 3 の溝および第 4 の溝は、相互に接続され、第 1 および第 2 の溝は、第 3 および第 4 の溝から分離される。

【 0 0 2 8 】

一般的側面において、本装置は、リザーバと、印刷ヘッドとを備え、該印刷ヘッドは、圧送チャンバの少なくとも上面を画定する変形可能部分を備える、支持構造と、リザーバから圧送チャンバに流体を移送するためにリザーバから圧送チャンバに延在する、流路と、支持構造の変形可能部分上に配置されるアクチュエータであって、溝が、アクチュエータの上面内に画定される、アクチュエータを含み、アクチュエータへの電圧の印加は、アクチュエータを溝に沿って変形させ、それによって、支持構造の変形可能部分の変形部に、流体の液滴を圧送チャンバから吐出させる。

【 0 0 2 9 】

実施形態は、以下の特徴のうちの 1 つ以上のものを含むことができる。

【 0 0 3 0 】

アクチュエータは、第 1 および第 2 の電極と、第 1 の電極と第 2 の電極との間の圧電層とを備え、印刷ヘッドは、第 1 および第 2 の電極の一方に電圧を印加し、変形可能部分を変形させるためのコントローラを備える。

【 0 0 3 1 】

コントローラは、変形可能部分が圧送チャンバから離れるように変形するように、第 1 および第 2 の電極の一方に電圧を印加するように構成される。

【 0 0 3 2 】

溝は、溝が、変形可能部分の周から内向きにオフセットされるように、アクチュエータの上面に沿って延在する。

【 0 0 3 3 】

溝は、第 1 の端部と、第 2 の端部とを有する曲線を画定し、曲線は、変形可能部分の周の一部から内向きにオフセットされる。

【 0 0 3 4 】

溝は、変形可能部分の周の一部から内向きにオフセットされたループの少なくとも一部を画定する。

【 0 0 3 5 】

溝は、第 1 の溝であり、さらに、アクチュエータの上面内に画定される、第 2 の溝を備え、第 2 の溝は、第 1 の溝から半径方向外向きに延在する。

【 0 0 3 6 】

10

20

30

40

50

第 2 の溝は、第 1 の溝に接続される、第 1 の端部と、第 3 の溝に接続される、第 2 の端部とを備え、第 3 の溝は、アクチュエータの上面上に丸みを帯びた周を画定する。

【 0 0 3 7 】

溝は、アクチュエータの上面の中央領域から離れるように半径方向外向きに延在する。

【 0 0 3 8 】

本装置は、複数の半径方向の溝を含み、該複数の半径方向の溝のそれぞれは、アクチュエータの上面の中央領域から離れるように半径方向外向きに延在する。

【 0 0 3 9 】

半径方向の溝のそれぞれの経路は、溝に対して垂直である。

【 0 0 4 0 】

溝と変形可能部分の周との間の距離は、溝とアクチュエータの上面の中央領域との間の距離よりも小さい。

【 0 0 4 1 】

溝は、アクチュエータの上面から支持構造の変形可能部分の上面までのアクチュエータの厚さを通して延在する。

【 0 0 4 2 】

溝の幅は、0 . 1 マイクロメートル ~ 1 0 マイクロメートルである。

【 0 0 4 3 】

溝と変形可能部分の周との間の距離は、溝とアクチュエータの上面の中央領域との間の距離よりも大きい。

【 0 0 4 4 】

溝と変形可能部分の周との間の距離は、アクチュエータの上面の中央領域と変形可能部分の周との間の距離の 2 0 % ~ 8 0 % である。

【 0 0 4 5 】

溝は、変形可能部分の周に重複する。

【 0 0 4 6 】

溝は、第 1 のループの少なくとも一部を画定する、第 1 の溝であり、第 2 の溝が、アクチュエータの上面内に形成され、第 2 の溝は、第 1 のループから分離される第 2 のループの少なくとも一部を画定する。

【 0 0 4 7 】

溝は、第 1 の溝であり、第 2 の溝が、アクチュエータの上面内に形成され、第 1 の溝および第 2 の溝は、アクチュエータの上面の中央領域から離れるように半径方向外向きに延在し、かつ相互に平行である。

【 0 0 4 8 】

溝は、第 1 の溝であり、第 2 および第 3 の溝が、アクチュエータの上面内に形成され、第 1 の溝は、アクチュエータの上面の中央領域から半径方向外向きに延在し、かつ第 2 の溝を第 3 の溝に接続し、第 2 の溝および第 3 の溝は、アクチュエータの上面を横断して円周方向に延在する。

【 0 0 4 9 】

溝は、アクチュエータの上面の中央領域から離れるように半径方向外向きに延在する、第 1 の溝であり、アクチュエータはさらに、第 2、第 3、および第 4 の溝を画定し、第 2 の溝は、アクチュエータの上面を横断して円周方向に延在し、第 3 の溝は、アクチュエータの上面の中央領域から離れるように半径方向外向きに延在し、第 4 の溝は、上面を横断して円周方向に延在し、第 1 の溝および第 2 の溝は、相互に接続され、第 3 の溝および第 4 の溝は、相互に接続され、第 1 および第 2 の溝は、第 3 および第 4 の溝から分離される。

【 0 0 5 0 】

一般的側面において、本方法は、変形可能な支持構造上に配置される圧電性アクチュエータの電極に電圧を印加するステップであって、支持構造は、印刷ヘッドの圧送チャンバを画定する、ステップと、電圧の印加に応答して、圧電性アクチュエータの上面内に画定される溝に沿って圧電性アクチュエータを変形させるステップと、圧電性アクチュエータの

10

20

30

40

50

変形によってもたらされる支持構造の変形可能部分の変形によって、圧送チャンバから流体の液滴を吐出するステップとを含む。

【 0 0 5 1 】

実施形態は、以下の特徴のうちの 1 つ以上のものを含むことができる。

【 0 0 5 2 】

電圧を印加するステップは、圧送チャンバの容積が増加されるように、アクチュエータを変形させるように電圧を印加するステップを含む。

【 0 0 5 3 】

一般的側面において、本方法は、圧電性アクチュエータを印刷ヘッドの支持構造上に配置するステップであって、支持構造は、印刷ヘッドの圧送チャンバを画定する、ステップと、アクチュエータの上面内に溝を形成するステップとを含む。

10

【 0 0 5 4 】

実施形態は、以下の特徴のうちの 1 つ以上のものを含むことができる。

【 0 0 5 5 】

溝を形成するステップは、溝が、変形可能部分の周から内向きにオフセットされるように、溝を形成するステップを含む。

【 0 0 5 6 】

溝を形成するステップは、溝が、第 1 の端部と、第 2 の端部とを有する曲線を画定し、かつ曲線が、変形可能部分の周の一部から内向きにオフセットされるように、溝を形成するステップを含む。

20

【 0 0 5 7 】

溝を形成するステップは、溝が、変形可能部分の周の一部から内向きにオフセットされたループの少なくとも一部を画定するように、溝を形成するステップを含む。

【 0 0 5 8 】

溝は、第 1 の溝であり、本方法はさらに、アクチュエータの上面内に第 2 の溝を形成するステップを含み、第 2 の溝は、第 1 の溝から半径方向外向きに延在する。

【 0 0 5 9 】

本方法は、外部表面上に丸みを帯びた周を画定する、第 3 の溝を形成するステップを含み、第 2 の溝を形成するステップは、第 2 の溝が、第 1 の溝に接続される第 1 の端部から第 3 の溝に接続される第 2 の端部まで延在するように、第 2 の溝を形成するステップを含む。

30

【 0 0 6 0 】

溝を形成するステップは、溝が、アクチュエータの上面の中央領域から離れるように半径方向外向きに延在するように、溝を形成するステップを含む。

【 0 0 6 1 】

本方法は、複数の半径方向の溝を形成するステップを含み、該複数の半径方向の溝のそれぞれは、アクチュエータの上面の中央領域から離れるように半径方向外向きに延在する。

【 0 0 6 2 】

半径方向の溝を形成するステップは、半径方向の溝のそれぞれの経路が溝に対して垂直であるように、複数の溝を形成するステップを含む。

【 0 0 6 3 】

溝を形成するステップは、溝と変形可能部分の周との間の距離が、溝とアクチュエータの上面の中央領域との間の距離よりも小さいように、溝を形成するステップを含む。

40

【 0 0 6 4 】

溝を形成するステップは、アクチュエータの上面から支持構造の変形可能部分の外部上面までのアクチュエータの厚さを通した溝を形成するステップを含む。

【 0 0 6 5 】

溝を形成するステップは、溝の幅が、0 . 1 マイクロメートル ~ 1 0 マイクロメートルであるように、溝を形成するステップを含む。

【 0 0 6 6 】

溝を形成するステップは、溝と変形可能部分の周との間の距離が、溝とアクチュエータの

50



上面の中央領域との間の距離よりも大きいように、溝を形成するステップを含む。

【0067】

溝を形成するステップは、溝と変形可能部分の周との間の距離が、アクチュエータの上面の中央領域と変形可能部分の周との間の距離の20%～80%であるように、溝を形成するステップを含む。

【0068】

溝を形成するステップは、溝が、変形可能部分の周に重複するように、溝を形成するステップを含む。

【0069】

溝を形成するステップは、アクチュエータの外部表面をエッチングし、溝を形成するステップを含む。

10

【0070】

本明細書において説明される主題の1つ以上の実装の詳細が、添付図面および下記の説明内に記載される。他の潜在的特徴、側面、および利点は、説明、図面、および請求項から明白となるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0071】

【図1】図1は、アクチュエータの横断面斜視図である。

【図2】図2は、印刷ヘッドの横断面図である。

【図3】図3は、印刷ヘッドの一部の横断面図である。

20

【図4】図4は、流体吐出器の横断面図である。

【図5A】図5Aは、図3における線5A-5Aに沿って得られた印刷ヘッドの一部の横断面図である。

【図5B】図5Bは、図3における線5B-5Bに沿って得られた印刷ヘッドの一部の横断面図である。

【図6A】図6Aは、流体送達システムの上面図である。

【図6B】図6Bは、図6Aの流体送達システムの概略側面図である。

【図7】図7は、アクチュエータのある実施例の上面図である。

【図8】図8は、アクチュエータのある実施例の上面図である。

【図9】図9は、アクチュエータのある実施例の上面図である。

30

【図10】図10は、本流体送達システムのアクチュエータが変形された、流体送達システムの側面概略図である。

【図11】図11は、アクチュエータを製造するためのプロセスのフローチャートである。

【図12】図12-19は、例示的アクチュエータの上面図である。

【図13】図12-19は、例示的アクチュエータの上面図である。

【図14】図12-19は、例示的アクチュエータの上面図である。

【図15】図12-19は、例示的アクチュエータの上面図である。

【図16】図12-19は、例示的アクチュエータの上面図である。

【図17】図12-19は、例示的アクチュエータの上面図である。

【図18】図12-19は、例示的アクチュエータの上面図である。

40

【図19】図12-19は、例示的アクチュエータの上面図である。

【発明を実施するための形態】

【0072】

種々の図面における同様の参照番号および記号は、同様の要素を示す。

【0073】

例えば、インクジェットプリンタのための流体送達システムは、0.1ピコリットル～100ピコリットルの体積を伴う液滴等の流体の大きい液滴を吐出することが可能である、高出力アクチュエータを有することができる。高出力アクチュエータはまた、流体吐出器のサイズが低減されながら、流体送達システムから所与の液滴サイズを吐出するための能力を維持することができる。より小型の流体吐出器は、概して、それらが流体吐出器が形

50

成される原材料上の空間をあまり占めないため、生産するためにあまり費用がかからない。さらに、より小型の流体吐出器は、より高い共振周期を有し得、故に、より急速な吐出を達成することができる。本明細書に説明される高出力アクチュエータを伴う流体送達システムは、その中に形成される１つ以上の溝を含むことにより流体吐出器からの増加された流体送達出力を促進するアクチュエータを利用する。

【００７４】

図１は、例えば、図２に示される印刷ヘッド２００のための、高流体送達出力に対応する流体送達システム１００のある実施例を描写する。特に、図１は、印刷ヘッド２００の支持構造１０２と、アクチュエータ１０８とを含む、流体送達システム１００の横断面斜視図を示す。支持構造１０２の、変形可能膜等の変形可能部分１０４が、圧送チャンバ１０６を画定する。アクチュエータ１０８が、支持構造１０２の変形可能部分１０４上に位置付けられる。アクチュエータ１０８は、支持構造１０２の変形可能部分１０４を変形させ、したがって、流体の液滴を圧送チャンバ１０６から吐出させる。

10

【００７５】

アクチュエータ１０８は、アクチュエータ１０８の外部表面１１２上等、アクチュエータ１０８内に形成される１つ以上の溝を含む、溝配列を含む。アクチュエータ１０８は、アクチュエータ１０８が、支持構造１０２の変形可能部分１０４の外側の領域内に固定されるように位置付けられることができる。この点について、アクチュエータ１０８が作動されると、アクチュエータ１０８は、変形可能部分１０４の領域内で変形するが、変形可能部分１０４の外側の領域においては変形を実質的に被らない。溝１１０は、所与の電圧によってアクチュエータ１０８が駆動されると、変形可能部分１０４のより高い変形を促進することができる。

20

【００７６】

いくつかの実装では、流体送達システム１００は、図２に描写されるような印刷ヘッド２００の一部を形成する。印刷ヘッド２００は、インク、生物学的液体、ポリマー、電子構成要素を形成するための液体、または他のタイプの流体等の流体の液滴を表面上に吐出する。印刷ヘッド２００は、１つ以上の流体送達システム１００を含み、各流体送達システムは、図１に関して説明されるように、対応する支持構造１０２およびアクチュエータ１０８を含む。

【００７７】

30

図２ - ４を参照すると、印刷ヘッド２００は、流体送達システム１００の支持構造１０２およびインターポザアセンブリ２１４に結合される、基板３００を含む。基板３００は、ある場合には、基板３００を通した流体のための流路を画定する通路がそれを通して形成される、シリコン基板等のモノリシック半導体本体である。いくつかの実装では、基板３００および特定の流体送達システム１００の支持構造１０２は、その流体送達システムの圧送チャンバ１０６をとともに画定する。いくつかの実装では、支持構造１０２は、基板３００の一部である。

【００７８】

印刷ヘッド２００は、流体供給チャンバ２０４および流体帰還チャンバ２０６に分割される内部容積を有する、ケーシング２０２を含む。ある場合には、内部容積は、分割構造２０８によって分割される。分割構造２０８は、例えば、上側分割部２１０と、下側分割部２１２とを含む。流体供給チャンバ２０４および流体帰還チャンバ２０６の底部は、インターポザアセンブリ２１４の上面によって画定される。

40

【００７９】

インターポザアセンブリ２１４は、接合、摩擦、または別の取付機構等によって、ケーシング２０２に取り付け可能である。インターポザアセンブリ２１４は、例えば、上側インターポザ２１６と、下側インターポザ２１８とを含む。下側インターポザ２１８は、上側インターポザ２１６と基板３００との間に位置付けられる。上側インターポザ２１６は、流体供給入口２２２と、流体帰還出口２２４とを含む。流体供給入口２２２および流体帰還出口２２４は、例えば、上側インターポザ２１６内の開口として形成

50

される。

【 0 0 8 0 】

流路 2 2 6 が、流体供給チャンバ 2 0 4 を流体帰還チャンバ 2 0 6 に接続するように形成される。流路 2 2 6 は、例えば、上側インターポーザ 2 1 6、下側インターポーザ 2 1 8、および基板 3 0 0 内に形成される。流路 2 2 6 は、供給チャンバ 2 0 4 から基板 3 0 0 を通した流体供給入口 2 2 2 の中への流体流を可能にし、そして図 3 に示されるように、印刷ヘッド 2 0 0 からの流体の吐出のための 1 つ以上の流体吐出部 3 0 6 への流体流を可能にする。いくつかの実装では、流体送達システム 1 0 0 は、流体吐出器 3 0 6 のうちの 1 つ以上のものを含み、流体送達システム 1 0 0 のアクチュエータ 1 0 8 は、駆動されると、圧送チャンバ 1 0 6 から流体吐出器 3 0 6 を通して流体を吐出する。流路 2 2 6 はまた、流体吐出部 3 0 6 から流体帰還出口 2 2 4 の中への、および帰還チャンバ 2 0 6 の中への流体流も可能にする。図 2 は、流路 2 2 6 を一直線の通路を形成する単一の流路として描写するが、いくつかの実装では、印刷ヘッド 2 0 0 は、複数の流路を含む。代替として、または加えて、流路のうちの 1 つ以上のものは、一直線ではない。

10

【 0 0 8 1 】

流路 2 2 6 では、基板入口 3 1 0 が、供給チャンバ 2 0 4 から流体を受容し、基板 3 0 0 を通して、特に、支持構造 1 0 2 を通して延在し、1 つ以上の入口給送チャンネル 3 0 4 に流体を供給する。各入口給送チャンネル 3 0 4 は、対応する入口通路を通して複数の流体吐出器 3 0 6 に流体を供給する。

【 0 0 8 2 】

20

各流体吐出器 3 0 6 は、単一のノズル等の、1 つ以上のノズル 3 0 8 を含む。ノズル 3 0 8 は、基板 3 0 0 のノズル層 3 1 2 内、例えば、基板 3 0 0 の底部表面上に形成される。いくつかの実施例では、ノズル層 3 1 2 は、基板 3 0 0 の一体型部分である。いくつかの実施例では、ノズル層 3 1 2 は、基板 3 0 0 の表面上に堆積される層である。流体は、流体吐出器 3 0 6 のうちの 1 つ以上のもののノズル 3 0 8 から選択的に吐出される。流体は、例えば、表面上に画像を印刷するために表面上に吐出されるインクである。

【 0 0 8 3 】

流体は、吐出部流路 4 0 0 に沿って各流体吐出部 3 0 6 を通して流動する。吐出部流路 4 0 0 は、例えば、圧送チャンバ入口通路 4 0 2、圧送チャンバ 1 0 6、ディセンダ 4 0 4、および出口通路 4 0 6 を含む。圧送チャンバ入口通路 4 0 2 は、圧送チャンバ 1 0 6 を入口給送チャンネル 3 0 4 に接続する、例えば、流体的に接続する。圧送チャンバ入口通路 4 0 2 は、いくつかの実施例では、アセンダ 4 1 0 および圧送チャンバ入口 4 1 2 を含む。ディセンダ 4 0 4 は、対応するノズル 3 0 8 に接続される。出口通路 4 0 6 は、ディセンダ 4 0 4 を出口給送チャンネル 4 0 8 に接続する。いくつかの実施例では、基板出口（図示せず）は、出口給送チャンネル 4 0 8 を帰還チャンバ 2 0 6 に接続する。

30

【 0 0 8 4 】

図 3 および 4 に示される実施例では、基板入口 3 1 0、入口給送チャンネル 3 0 4、および出口給送チャンネル 4 0 8 等の通路が、共通平面内に存在する。いくつかの実施例では、基板入口 3 1 0、入口給送チャンネル 3 0 4、および出口給送チャンネル 4 0 8 のうちの 1 つ以上のものは、他の通路との共通平面内に存在しない。

40

【 0 0 8 5 】

図 5 A および 5 B を参照すると、基板 3 0 0 は、その中に形成され、相互に平行に延在する、複数の入口給送チャンネル 3 0 4 を含む。各入口給送チャンネル 3 0 4 は、入口給送チャンネル 3 0 4 から延在する、例えば、入口給送チャンネル 3 0 4 から垂直に延在する少なくとも 1 つの基板入口 3 1 0 と流体連通する。複数の出口給送チャンネル 4 0 8 が、基板 3 0 0 内に形成され、ある場合には、相互に平行に延在する。各出口給送チャンネル 4 0 8 は、出口給送チャンネル 4 0 8 から延在する、例えば、出口給送チャンネル 4 0 8 から垂直に延在する少なくとも 1 つの基板出口（図示せず）と流体連通する。いくつかの実施例では、入口給送チャンネル 3 0 4 および出口給送チャンネル 4 0 8 は、交互行に配列される。

【 0 0 8 6 】

50

基板は、複数の流体吐出器 306 を含む。流体は、各流体吐出器 306 を通して、アセンダ 410 と、圧送チャンバ入口 412 と、圧送チャンバ 106 と、ディセンダ 404 とを含む、対応する吐出器流路 400 に沿って流動する。各アセンダ 410 は、入口給送チャンネル 304 のうちの 1 つに接続される。各アセンダ 410 もまた、圧送チャンバ入口 412 を通して、対応する圧送チャンバ 106 に接続される。圧送チャンバ 106 は、関連付けられたノズル 308 に接続される、対応するディセンダ 404 に接続される。各ディセンダ 404 はまた、対応する出口通路 406 を通して、出口給送チャンネル 408 のうちの 1 つに接続される。例えば、図 4 の流体吐出器 306 の横断面図が、図 5 A の線 4 - 4 に沿って得られる。

#### 【0087】

特定の流路構成は、いくつかの実装において変動し得る。いくつかの実施例では、印刷ヘッド 200 は、平行な列 500 内に配列される、複数のノズル 308 を含む。所与の列 500 内のノズル 308 は全て、同一入口給送チャンネル 304 および同一出口給送チャンネル 408 に接続されることができる。すなわち、例えば、所与の列内のアセンダ 410 は全て、同一入口給送チャンネル 304 に接続されることができ、所与の列内のディセンダは全て、同一出口給送チャンネル 408 に接続されることができる。

#### 【0088】

いくつかの実施例では、隣接する列内のノズル 308 は、同一の入口給送チャンネル 304 または同一の出口給送チャンネル 408 に接続されることができ、両方に接続されることはできない。別の実施例では、列 500 a 内の各ノズル 308 は、入口給送チャンネル 304 a および出口給送チャンネル 408 a に接続される。隣接する列 500 b 内のノズル 308 もまた、入口給送チャンネル 304 a に接続されるが、出口給送チャンネル 408 b には接続されない。

#### 【0089】

いくつかの実施例では、ノズル 308 の列は、交互パターンにおいて同一入口給送チャンネル 304 または同一出口給送チャンネル 408 に接続されることができる。印刷ヘッド 200 についてのさらなる詳細は、米国特許第 7,566,118 号（その内容は、参照することによってその全体として本明細書に組み込まれる）に見出されることができる。

#### 【0090】

再び、図 3 を参照すると、各流体吐出器 306 は、圧電性アクチュエータ、抵抗加熱器、または別のタイプのアクチュエータ等の、対応するアクチュエータ 108 を有する。各流体吐出器 306 の圧送チャンバ 106 は、対応するアクチュエータ 108 に接近している。各アクチュエータ 108 は、例えば、圧送チャンバ 106 を加圧するような様式で変形することによって、対応する圧送チャンバ 106 を加圧するように選択的に作動されるように構成される。圧送チャンバ 106 が加圧されると、流体が、加圧された圧送チャンバに接続されるノズル 308 から吐出される。

#### 【0091】

図 6 A および 6 B を参照すると、アクチュエータ 108 は、例えば、チタン酸ジルコン酸鉛（PZT）の層等の圧電層 314 を含む。圧電層 314 は、約 50  $\mu\text{m}$  以下、例えば、約 1  $\mu\text{m}$  ~ 約 25  $\mu\text{m}$ 、例えば、約 2  $\mu\text{m}$  ~ 約 5  $\mu\text{m}$  の厚さを有することができる。図 3 の実施例では、圧電層 314 は、連続的である。いくつかの実施例では、圧電層 314 は、不連続的である。圧電層 314 は、不連続的である場合、例えば、加工の間のエッチングまたは鋸切断ステップによって形成される、2 つ以上の非連結部分を含む。

#### 【0092】

いくつかの実装では、アクチュエータ 108 は、第 1 の電極と、第 2 の電極とを含む。圧電層 314 は、第 1 の電極と第 2 の電極との間に位置付けられる。第 1 の電極は、例えば、駆動電極 316 であり、第 2 の電極は、例えば、接地電極 318 である。駆動電極 316 および接地電極 318 は、例えば、銅、金、タングステン、酸化インジウムスズ（ITO）、チタン、白金、または伝導性材料の組み合わせ等の伝導性材料（例えば、金属）から形成される。駆動電極 316 および接地電極 318 の厚さは、例えば、約 3  $\mu\text{m}$  以下、

10

20

30

40

50

約  $2\text{ }\mu\text{m}$  以下、約  $0.23\text{ }\mu\text{m}$ 、約  $0.12\text{ }\mu\text{m}$ 、約  $0.5\text{ }\mu\text{m}$  である。いくつかの実装では、駆動電極 316 および接地電極 318 は、異なるサイズである。接地電極 318 は、例えば、駆動電極 316 の厚さの  $100\% \sim 300\%$  である厚さを有する。一実施例では、接地電極 318 は、 $0.23\text{ }\mu\text{m}$  の厚さを有し、駆動電極 316 は、 $0.12\text{ }\mu\text{m}$  の厚さを有する。

#### 【0093】

支持構造 102 は、アクチュエータ 108 と圧送チャンバ 106 との間に位置付けられ、それによって、接地電極 318 を圧送チャンバ 106 内の流体から隔離する。いくつかの実施例では、支持構造 102 は、基板 300 と別個である層である。いくつかの実施例では、支持構造 102 は、基板 300 と一体化されている。図 6A および 6B は、支持構造 102 と圧電層 314 との間に位置付けられる接地電極 318 を描写するが、いくつかの実装では、駆動電極 316 は、支持構造 102 と圧電層 314 との間に位置付けられる。

10

#### 【0094】

圧電性アクチュエータ 108 を作動させるために、電圧が、駆動電極 316 と接地電極 318 との間に印加され、電圧を圧電層 314 に印加することができる。印加された電圧は、圧電性アクチュエータ上に極性を誘起し、これは、圧電層 314 を偏向させ、ひいては、支持構造 102 を変形させる、例えば、支持構造 102 の変形可能部分 104 を変形させる。支持構造 102 の変形可能部分 104 の偏向は、圧送チャンバ 106 の容積の変化をもたらす、圧送チャンバ 106 内に圧力パルスを産出する。圧力パルスは、ディセンダ 404 を通して対応するノズル 308 に伝搬し、したがって、流体の液滴をノズル 308 から吐出させる。

20

#### 【0095】

印刷ヘッド 200 は、いくつかの実装では、支持構造 102 の変形可能部分 104 を変形させるように駆動電極 316 に電圧を印加するための、コントローラ 600 を含む。コントローラ 600 は、例えば、駆動部 602、例えば、駆動電極 316 に印加される電圧を変調させるための制御可能な電圧源を動作させる。印加された電圧は、支持構造 102 の変形可能部分 104 を選択可能な量だけ変形させる。いくつかの実装では、電圧は、支持構造 102 の変形可能部分 104 が圧送チャンバ 106 から離れるように変形するような様式で、駆動電極 316 に印加される。印加された電圧は、例えば、電圧差、例えば、圧電層 314 を駆動電極 316 に向かって偏向させる接地電極 318 と駆動電極 316 との間の極性をもたらす。この点について、接地電極 318 が、変形可能部分 104 と圧電層 314 との間に位置付けられる場合、変形可能部分 104 は、圧送チャンバ 106 から離れるように変形する。

30

#### 【0096】

いくつかの実装では、支持構造 102 は、シリコン、例えば、単結晶シリコンの単一の層から形成される。いくつかの実装では、支持構造 102 は、別の半導体材料の層、酸化アルミニウム ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) または酸化ジルコニウム ( $\text{ZrO}_2$ ) 等の酸化物、ガラス、窒化アルミニウム、炭化ケイ素、他のセラミックまたは金属の 1 つ以上の層、シリコン・オン・インシュレータ、または他の材料から形成される。支持構造 102 は、例えば、支持構造 102 の変形可能部分 104 が、アクチュエータ 108 が駆動されると、流体の液滴を吐出するように十分に撓曲するような弾性を有する不活性材料から形成される。いくつかの実施例では、支持構造 102 は、接着部 302 を用いてアクチュエータ 108 に固着される。いくつかの実施例では、基板 300、ノズル層 312、および変形可能部分 104 のうちの 2 つ以上のものが、一体化本体として形成される。

40

#### 【0097】

いくつかの実装では、アクチュエータは、アクチュエータの外部表面内に形成される 1 つ以上の溝を含む、溝配列を含む。溝は、図 7 - 9 に示されるもの等の種々の形状を呈することができる。本明細書に説明される溝の実施例は、より多くの量の流体が、アクチュエータ上により大きいフープ応力をもたらすことなく、アクチュエータの動作の間に圧送チャンバから吐出されることを可能にすることができる。図 10 は、流体送達システム 10

50

00のアクチュエータ1002の動作のある実施例を描写する。駆動されると、アクチュエータ1002は、圧送チャンバ1004からノズル(図示せず)を通して流体を吐出するような様式で偏向する。アクチュエータ1002が変形されると、圧送チャンバ1004が、流体を吐出するように膨張する。ある場合には、本明細書に説明されるように、アクチュエータ1002上に形成された溝が、流体を吐出するための圧送チャンバ1004の容積膨張の量を前提として、アクチュエータ1002内のフープ応力の量を低減させる。

【0098】

図10の挿入部1006に示されるように、溝1008が、支持構造102の変形可能部分104の周1010内に形成される。いくつかの実装では、溝1008は、アクチュエータ1002の外部表面1014から変形可能部分104の外部表面1016まで延在する。いくつかの実装では、変形可能部分104は、酸化物層1018を含み、変形可能部分104の外部表面1016は、酸化物層1018の外部表面である。

10

【0099】

アクチュエータ1002が駆動され、変形可能部分104を変形させる、アクチュエータ1002の動作の間、溝1008は、円周方向に延在することによって、ヒンジとしての役割を果たす。特に、溝1008の位置は、アクチュエータ1002が偏向されるとき、アクチュエータ1002の湾曲の変曲点の場所を決定する。変曲点は、アクチュエータ1002の湾曲が符号を変更する点、例えば、アクチュエータ1002が内向きの曲線から外向きの曲線または外向きの曲線から内向きの曲線になる点に対応する。溝1008は、この点について、変形可能部分104の周1010に近接してまたはその中心1020に近接して位置付けられる。本様式で位置付けられることによって、アクチュエータ1002のより多くの部分が、同一の方向に湾曲される、例えば、内向きに湾曲される、または外向きに湾曲される。結果として、アクチュエータ1002は、より大きい変形を達成し、それによって、圧送チャンバ1004のより大きい達成可能な容積膨張をもたらすことができる。溝1008が、周1010の近傍に位置付けられる場合、溝1008と中心1020との間の領域における変形可能部分104の変形は、溝を伴わない変形可能部分の変形より大きい。溝1008が、中心1020の近傍に位置付けられる場合、周1010と溝1008との間の領域における変形可能部分104の変形は、溝を伴わない変形可能部分の変形より大きい。溝1008は、したがって、アクチュエータ1002が駆動されるとき、圧送チャンバ1004から吐出され得る流体の量を増加させることができる。特に、圧送チャンバ1004から吐出される流体の各液滴は、0.01mL~80mLの体積を有する。

20

30

【0100】

本明細書に説明されるように、アクチュエータ1002は、電圧差、例えば、その電極1022と1024との間で維持される極性に応答して変形する、圧電性アクチュエータである。図10に示されるように、アクチュエータ1002を動作させるために、第1の電圧 $V_1$ が、アクチュエータ1002の電極1022に印加される。第2の電圧 $V_2$ が、アクチュエータ1002の電極1024に印加され、電極1022と1024との間の極性を維持する。コントローラ1025は、例えば、第1の電圧 $V_1$ を印加するように駆動部1027を動作させ、コントローラ1025は、第2の電圧 $V_2$ を印加するように駆動部1027を動作させる。極性は、支持構造102によって画定された圧送チャンバ1004が、例えば、流体吐出器306を通して流体の液滴を吐出するように、溝1008に沿ってアクチュエータ1002を変形させる。

40

【0101】

ある場合には、第1の電圧 $V_1$ は、接地電圧であり、第2の電圧 $V_2$ は、電圧源、例えば、駆動部1027によって印加される電圧である。この点について、電極1022は、接地電極に対応し、電極1024もまた、接地電極に対応する。

【0102】

いくつかの実装では、第2の電圧 $V_2$ は、印加されると、圧送チャンバ1004の容積を増加させる様式でアクチュエータ1002を変形させる。第2の電圧 $V_2$ が低減されると

50

、圧送チャンバ１００４の容積が、減少し、それによって、流体の液滴を吐出させる。

【０１０３】

図１０は、溝１００８を円周方向に延在する溝として描写する一方、いくつかの実装では、溝１００８を含むことに加えて、アクチュエータ１００２は、半径方向に延在する溝、丸みを帯びた溝、または本明細書に説明されるような他の溝を含む。本明細書に説明されるように、溝の種々の配列が、所与の電圧によって駆動されると、アクチュエータの偏向の量を増加させ、アクチュエータの偏向の所与の量によって引き起こされるフープ応力を低減させることが可能である。図７を参照すると、ある実施例では、アクチュエータ７００は、溝７０２を含む、溝配列を含む。溝７０２は、半径方向に延在する溝、例えば、支持構造の変形可能部分の中心７０４から離れるように半径方向外向きに延在する溝等である。本明細書に説明されるように、半径方向に延在する溝７０２は、それを通して溝７０２が延在するアクチュエータ７００を通したフープ応力を低減させることができる。

10

【０１０４】

いくつかの実装では、溝配列は、複数の半径方向に延在する溝を含む。溝７０２は、例えば、複数の半径方向に延在する溝７０２のうちの１つである。半径方向に延在する溝７０２は、例えば、相互に対して角度付けられる。半径方向に延在する溝７０２はそれぞれ、例えば、中心７０４から離れるように半径方向外向きに延在する。中心７０４は、例えば、変形可能部分１０４の幾何中心に対応する。

【０１０５】

溝配列が複数の溝を含む実装において、アクチュエータ７００を通した溝７０２の分布は、いくつかの実装では、変形可能部分の周７１２の曲率に依存する。溝７０２はそれぞれ、周７１２を通過する対応する軸に沿って延在する。対応する軸は、例えば、変形可能部分の中心７０４から、周７１２を通して延在する。いくつかの実装では、周７１２が、より低い曲率部分と、より高い曲率部分とを含む場合、アクチュエータ７００は、より低い曲率部分における単位長さあたりの溝の数と異なる、より高い曲率部分における単位長さあたりの溝の数を有する。特に、より高い曲率部分における単位長さあたりの溝の数は、より低い曲率部分における単位長さあたりの溝の数よりも多いことができる。周７１２の最も高い曲率部分は、最も高いフープ応力を有する変形可能部分の部分に対応することができる。より高い曲率部分に近接するより多い溝７０２の数は、したがって、これらの部分の近傍のより高いフープ応力を低減させることができる。

20

30

【０１０６】

いくつかの実装では、アクチュエータ７００の溝配列は、円周方向の溝等の溝７０８を含む。溝７０８は、例えば、周７１２から内向きに（例えば、変形可能部分の中心７０４に向かって）オフセットされる。溝７０８は、周７１２の一部から内向きにオフセットされる、ループを画定する。いくつかの実装では、溝７０８によって画定されるループの形状は、変形可能部分の周７１２を辿ることができる。いくつかの実装では、溝７０８の中心は、変形可能部分の中心７０４と一致し、例えば、溝７０８によって囲まれる面積の幾何中心は、変形可能部分の幾何中心と一致する。溝７０８は、中心７０４から延在する半径に沿ったアクチュエータ７００の変形が、そのような溝を伴わないアクチュエータにおいて予期される変形より周７１２から溝７０８において大きくなるように位置付けられる。

40

【０１０７】

溝７０８によって画定されたループは、アクチュエータ７００の中心７０４を囲繞する連続的なループであり得る。この点について、溝７０８は、アクチュエータ７００を、中心内側部分７１１ａと、中心内部部分７１１ｂを囲繞する外側部分７１１ｂとに分割する。溝７０２は、外側部分７１１ｂを通して半径方向に延在する。中心内側部分７１１ａは、外側部分７１１ｂに対して不連続的であり、溝７０８によって外側部分７１１ｂから分離されている。

【０１０８】

ある場合には、溝７０８と変形可能部分の周７１２との間の距離７１４は、溝７０８と変形可能部分の中心７０４との間の距離７１６よりも大きい。ある場合には、溝と周７１２

50

との間の距離 714 は、溝 708 と中心 704 との間の距離 716 の 20% ~ 80% である。

【0109】

いくつかの実装では、アクチュエータ 700 の電極、例えば、駆動電極 316 は、アクチュエータ 700 の外部表面上かつ溝 708 と変形可能部分の周 712 との間に位置付けられる。この点について、アクチュエータ 700 の電極は、内周囲長および外周囲長を有するリングである。リング電極の厚さ（例えば、内周囲長と外周囲長との間の距離）は、溝 708 と変形可能部分の周 712 との間の距離 714 以下であり得る。アクチュエータ 700 の溝配列は、アクチュエータ 700 の電極が、アクチュエータ 700 が溝配列を有していない場合より変形可能部分の中心 704 に近接して位置付けられることを可能にすることができる。

10

【0110】

図 7 に描写されるように、いくつかの実装では、アクチュエータ 700 の溝配列は、溝 702 および溝 708 の両方を含む。溝 702 は、例えば、溝 702 が溝 708 に出会う点において溝 708 に対して垂直である。アクチュエータ 700 が、複数の溝 702 を含む場合、複数の溝 702 はそれぞれ、溝 702 が溝 708 に出会う点において溝 708 に対して垂直である。いくつかの実装では、アクチュエータ 700 は、円周方向の溝 708 を伴わずに 1 つ以上の半径方向に延在する溝 702 のみを含む。いくつかの実施例では、アクチュエータ 700 は、半径方向に延在する溝 702 を伴わずに円周方向の溝 708 のみを含む。

20

【0111】

図 7 のアクチュエータ 700 と同様に、図 8 に示されるアクチュエータ 800 の実施例は、1 つ以上の半径方向に延在する溝 802 を含む溝配列を含む。半径方向に延在する溝 802 はそれぞれ、第 1 の端部 804 と、第 2 の端部 806 とを含む。第 1 の端部 804 は、例えば、周 810 によって画定される変形可能部分の中心 808 に近接する。第 2 の端部 806 は、例えば、変形可能部分の周に近接する。アクチュエータ 700 の溝配列は、アクチュエータ 800 の外部表面 813 上に丸みを帯びた周を有する、溝 812 を含む。溝 802 は、周 810 に向かってある長さに沿って半径方向に延在し、溝 812 は、例えば、溝 802 の幅よりも大きい幅を有する。溝 812 の幅は、例えば、溝 812 が接続される溝 802 の幅よりも大きい。溝 812 は、例えば、アクチュエータ 800 の外部表面 813 上に円形または楕円形の周を有する。溝 812 が、円形または楕円形の周を有する場合、ある場合には、周は、溝 802 の幅よりも大きい直径を有する。

30

【0112】

溝 802 の第 2 の端部 806 における溝 812 は、溝 802 の第 2 の端部 806 に近接するアクチュエータ 800 によって被られる応力を低減させることができる。例えば、溝 812 の丸みを帯びた幾何学形状は、アクチュエータ 800 が変形されるとき、溝 802 の第 2 の端部 806 における応力集中の大きさを低減させることができる。

【0113】

いくつかの実装では、溝 812 は、複数の溝 812 のうちの 1 つであり、例えば、溝配列は、複数の溝 812 を含む。溝 812 はそれぞれ、対応する半径方向に延在する溝 802 の第 2 の端部に位置付けられる。いくつかの実施例では、アクチュエータ 800 は、図 7 に関して説明される溝 708 に類似する、溝 814 を含む。この点について、アクチュエータ 800 の溝配列は、3 つの相互接続された溝、例えば、溝 802 と、溝 812 と、溝 814 とを含む。

40

【0114】

いくつかの実装では、溝 802、814 の幅は、0.1 ~ 10 マイクロメートル、例えば、0.1 ~ 1 マイクロメートル、および 1 ~ 10 マイクロメートルである。いくつかの実装では、溝 812 の幅は、0.1 ~ 100 マイクロメートル、例えば、0.1 ~ 1 マイクロメートル、1 ~ 10 マイクロメートル、および 10 ~ 100 マイクロメートルである。

【0115】

50



アクチュエータ 700、800 の実施例が、それぞれ、変形可能部分の周よりも変形可能部分の中心に近接している溝 708、814 を含む一方、いくつかの実装では、図 9 に示されるように、アクチュエータ 900 は、変形可能部分の中心 906 よりも変形可能部分の周 904 に近接している溝 902 を含む溝配列を含む。図 9 に示されるように、溝 902 は、変形可能部分の周 904 の外側に位置付けられる。代替として、または加えて、溝 902 は、周 904 の内側に位置付けられる。いくつかの実装では、周 904 および溝 902 は、相互に重複する。

【0116】

溝 902 および周 904 は、ある場合には、重複する。溝 902 は、溝 902 が、変形可能部分の周 904 を辿るまたはそれに重複するように、アクチュエータ 900 上に配列される。周 904 に沿って位置付けられることによって、溝 902 は、変形可能部分の周 904 が支持し得るモーメントの量を減少させることができる。結果として、変形可能部分は、所与の電圧にตอบสนองしてより大きい量変形する。いくつかの実装では、アクチュエータ 900 の電極、例えば、駆動電極 316 は、アクチュエータ 700 の外部表面上かつ溝 902 と変形可能部分の周 904 との間に位置付けられる。この点について、アクチュエータ 900 の電極は、距離 913 にほぼ等しい半径を有する、例えば、周 904 から距離 911 をあけて位置付けられる周を有する、円形プレートである。

【0117】

ある場合には、溝 902 は、第 1 の端部 908 と、第 2 の端部 910 とを有する、曲線を画定する。第 1 の端部 908 は、例えば、電極 914 に電圧を印加するために、電極 914 を電気システム 915 に接続し、例えば、電極 914 を図 6 に関して説明されるコントローラ 600 および駆動部 602 に接続する、電気コネクタ 912 に近接する。この点について、電極 914 は、変形可能部分の中心 906 においてアクチュエータの外部表面 922 上に位置付けられる。第 2 の端部 910 は、例えば、圧送チャンバ入口 930、例えば、圧送チャンバ入口 412 に近接する。圧送チャンバ入口は、例えば、基板、例えば、溝 902 の第 2 の端部 910 に近接する場所において、基板 300 を通して延在し、圧送チャンバ 932、例えば、圧送チャンバ 106 に接続する。

【0118】

いくつかの実装では、溝 902 は、溝 902 と、別の溝 916 とを含む溝配列の一部である。溝配列は、例えば、溝が、周 904 の部分からオフセットされるように延在する、不連続的な溝のセットを含む。溝 902 および溝 916 は、例えば、外部表面 922 および外部領域 926 上に内部領域 924 を画定する。ある場合には、電極 914 は、内部領域 924 内に位置付けられ、溝 902 および溝 916 は、電気コネクタ 912 が内部領域 924 から外部領域 926 に通過することを可能にするように位置付けられる。溝 902 および溝 916 は、中心 906 から延在する半径に沿ったアクチュエータ 900 の変形が、外部領域 926 から内部領域 924 に急激に増加するように位置付けられる。より大きな変形が、溝 および溝 916 に近接する領域に局限化される。この点について、ある場合には、溝 902 および溝 916 は、より大きな変形の領域が、圧送チャンバ入口 930 から隔離されるように位置付けられる。

【0119】

溝 916 は、第 1 の端部 918 と、第 2 の端部 920 とを有する。溝 916 の第 1 の端部 918 は、例えば、圧送チャンバ入口 930 に近接し、溝 916 の第 2 の端部 920 は、例えば、電気コネクタ 912 に近接する。溝 916 の第 1 の端部 918 および溝 902 の第 2 の端部は、アクチュエータの外部表面 922 上に間隙を画定する。電気コネクタ 912 は、間隙を通過する。電気コネクタ 912 は、変形に起因する損傷が生じやすくあり得る。間隙は、電気コネクタ 912 の領域内の変形を低減させ、それによって、アクチュエータ 900 が駆動されるときに電気コネクタ 912 の損傷のリスクを低減させることができる。溝 916 の第 2 の端部 920 および溝 902 の第 1 の端部 908 は、アクチュエータの外部表面 922 上に間隙を画定する。基板の圧送チャンバ入口 930 は、間隙の場所において基板を通して延在する。圧送チャンバ入口 930 の近傍の領域における変形は、

10

20

30

40

50

圧送チャンバから吐出される流体の量を低減させる、流動動態をもたらすことができる。本間隙は、圧送チャンバ入口 9 3 0 の近傍の領域における変形可能部分の変形を低減させ、それによって、圧送チャンバから吐出される流体の出力を増加させることができる。いくつかの実装では、アクチュエータ 9 0 0 は、溝の第 1 の端部 9 0 8 および第 2 の端部 9 1 0 が両方、電気コネクタ 9 1 2 および / または圧送チャンバ入口 9 3 0 に近接する、単一の溝 9 0 2 を含む。

#### 【 0 1 2 0 】

図 1 1 は、流体送達システム、例えば、圧電性アクチュエータおよび支持構造を含む、本明細書に説明される流体送達システムのうちの 1 つを製造するためのプロセス 1 1 0 0 を描写する。動作 1 1 0 2 において、圧電性アクチュエータが、支持構造上に位置付けられる。動作 1 1 0 4 において、溝が、アクチュエータの外部表面上に形成される。例えば、溝は、乾式または湿式エッチング、機械的鋸切断、または他のプロセスによって形成されることができる。

#### 【 0 1 2 1 】

いくつかの実装が、説明されている。但し、種々の修正が、他の実装において存在する。

#### 【 0 1 2 2 】

図 7 - 9 は、アクチュエータの外部表面上に形成される溝の種々の配列を示すが、他の実装では、溝の配列は、変動し得る。例えば、図 1 2 - 1 9 は、代替の溝配列を示す。図 1 2 - 1 8 に描写されるアクチュエータは、支持部材、例えば、アクチュエータの内側部分をアクチュエータの外側部分に接続するコネクタを含む。これらの支持部材は、アクチュエータとアクチュエータが接着されている下層の支持構造との間の接続を強化することができる。特に、これらの支持部材は、アクチュエータが変形されるとき、層間剥離を防止することができる。加えて、支持部材は、破損に対してアクチュエータを強化することができる。例えば、支持部材の存在は、アクチュエータの中央領域が破損することを防止することができる。

#### 【 0 1 2 3 】

図 1 2 において、アクチュエータ 1 2 0 0 は、アクチュエータ 1 2 0 0 の中心 1 2 0 4 から半径方向外向きに延在する、複数の半径方向に延在する溝 1 2 0 2 a、1 2 0 2 b、1 2 0 2 c、1 2 0 2 d、および 1 2 0 2 e ( 集散的に溝 1 2 0 2 と称される ) を含む。いくつかの実施例では、アクチュエータ 1 2 0 0 を中心とした半径方向に延在する溝 1 2 0 2 の分布は、図 7 に関して説明される半径方向に延在する溝 7 0 2 の分布に類似し得る。アクチュエータ 1 2 0 0 は、半径方向に延在する溝 1 2 0 2 を相互に接続する、1 つ以上の円周方向に延在する溝 1 2 0 8 a、1 2 0 8 b を含む。アクチュエータ 1 2 0 0 の中心 1 2 0 4 のまわりに閉ループを形成するアクチュエータ 7 0 0 の溝 7 0 8 とは異なり、溝 1 2 0 8 a、1 2 0 8 b は、相互に接続しない。この点について、アクチュエータ 1 2 0 0 は、連続的なループである溝を含まない。図 1 2 の実施例では、円周方向に延在する溝 1 2 0 8 a は、半径方向に延在する溝 1 2 0 2 a、1 2 0 2 e に接続され、円周方向に延在する溝 1 2 0 8 b は、半径方向に延在する溝 1 2 0 2 b、1 2 0 2 c に接続されるが、他の配列もまた、可能性として考えられる。図 1 2 に示されるように、いくつかの実装では、溝のうちの 1 つ以上のもの、例えば、溝 1 2 0 2 d は、他の半径方向に延在する溝 1 2 0 2 b - e のうちのいずれにも接続されず、他の円周方向に延在する溝のうちのいずれにも接続されない、例えば、溝 1 2 0 8 a、1 2 0 8 b には接続されない。

#### 【 0 1 2 4 】

アクチュエータ 1 2 0 0 は、連続的なループを形成する溝を含まないため、アクチュエータ 1 2 0 0 の中心内側部分 1 2 1 1 a が、溝 1 2 0 8 a と 1 2 0 8 b との間に延在するコネクタ 1 2 1 3 a、1 2 1 3 b によって、アクチュエータ 1 2 0 0 の外側部分 1 2 1 1 b に接続される。図 1 2 の実施例では、コネクタ 1 2 1 3 a は、溝 1 2 0 8 a、1 2 0 2 b から溝 1 2 0 2 d を分離し、コネクタ 1 2 1 3 a、1 2 1 3 b はさらに、溝 1 2 0 8 a、1 2 0 8 b を相互から分離するが、コネクタはまた、溝に対して他の場所に設置されることができる。外側部分 1 2 1 1 b に接続されることによって、中心部分 1 2 1 1 a は、中

10

20

30

40

50

心部分 1 2 1 1 a を外側部分 1 2 1 1 b に接続するコネクタ 1 2 1 3 a、1 2 1 3 b によって提供される支持のため、より容易に下層の支持構造に付着されたままであることができる。いくつかの実装では、コネクタ 1 2 1 3 a、1 2 1 3 b の幅は、本明細書に説明される他の溝に類似する幅を有するアクチュエータ 1 2 0 0 の溝の幅の 0.5 ~ 1.0 倍である。

#### 【0125】

図 13 では、アクチュエータ 1 3 0 0 は、アクチュエータ 1 3 0 0 の中心 1 3 0 4 から半径方向外向きに延在する、複数の半径方向に延在する溝 1 3 0 2 a、1 3 0 2 b、1 3 0 2 c、1 3 0 2 d、および 1 3 0 2 e (集合的に溝 1 3 0 2 と称される) を含む。いくつかの実施例では、アクチュエータ 1 3 0 0 は、円周方向に延在する溝 1 3 0 8 a、1 3 0 8 b が、相互に接続せず、半径方向に延在する溝 1 3 0 2 から分離されているという点において、アクチュエータ 1 2 0 0 と異なる。いくつかの実施例では、アクチュエータ 1 2 0 0 の溝 1 2 0 2 とは異なり、半径方向に延在する溝 1 3 0 2 はそれぞれ、他の半径方向に延在する溝 1 3 0 2 のうちの少なくとも 1 つに接続されることができる。アクチュエータ 1 3 0 0 は、半径方向に延在する溝 1 3 0 2 を相互に接続する、接続溝 1 3 0 9 a、1 3 0 9 b を含む。例えば、接続溝 1 3 0 9 b は、半径方向に延在する溝 1 3 0 2 a、1 3 0 2 b を相互に接続し、接続溝 1 3 0 9 a もまた、半径方向に延在する溝 1 3 0 2 c - 1 3 0 2 e を相互に接続するが、他の配列もまた、可能性として考えられる。いくつかの実装では、接続溝 1 3 0 9 a、1 3 0 9 b は、円周方向に延在する溝である一方、他の実装では、接続溝 1 3 0 9 a、1 3 0 9 b は、アクチュエータ 1 3 0 0 の中心 1 3 0 4 から離れるように湾曲する。

#### 【0126】

いくつかの実施例では、アクチュエータ 1 2 0 0 の中心部分 1 2 1 1 a と同様に、アクチュエータ 1 3 0 0 の中心部分 1 3 1 1 a は、コネクタ 1 3 1 3 a、1 3 1 3 b、1 3 1 3 c、1 3 1 3 d によって、アクチュエータ 1 3 0 0 の外側部分 1 3 1 1 b に接続されることができる。コネクタ 1 3 1 3 a は、溝 1 3 0 8 a と接続溝 1 3 0 9 a との間に延在し、コネクタ 1 3 1 3 b は、溝 1 3 0 8 b と接続溝 1 3 0 9 a との間に延在し、コネクタ 1 3 1 3 c は、溝 1 3 0 8 b と接続溝 1 3 0 9 b との間に延在し、コネクタ 1 3 1 3 d は、溝 1 3 0 8 a と接続溝 1 3 0 9 b との間に延在する。外側部分 1 3 1 1 b に接続されることによって、中心部分 1 3 1 1 a は、中心部分 1 3 1 1 a を外側部分 1 3 1 1 b に接続するコネクタ 1 3 1 3 a、1 3 1 3 b、1 3 1 3 c、1 3 1 3 d によって提供される支持のため、より容易に下層の支持構造に付着されたままであることができる。

#### 【0127】

図 14 では、アクチュエータ 1 4 0 0 は、アクチュエータ 1 4 0 0 の中心 1 4 0 4 から半径方向外向きに延在する、複数の半径方向に延在する溝 1 4 0 2 a、1 4 0 2 b、1 4 0 2 c、1 4 0 2 d、および 1 4 0 2 e (集合的に溝 1 4 0 2 と称される) を含む。いくつかの実施例では、アクチュエータ 1 4 0 0 は、円周方向に延在する溝 1 4 0 8 a、1 4 0 8 b が相互に対して不連続的である点において、アクチュエータ 1 3 0 0 に類似し得る。いくつかの実施例では、アクチュエータ 1 3 0 0 の円周方向に延在する溝 1 3 0 8 a、1 3 0 8 b とは異なり、溝 1 4 0 8 a、1 4 0 8 b は、それぞれ、半径方向に延在する溝 1 4 0 2 のうちの少なくとも 1 つに接続されることができる。例えば、半径方向に延在する溝 1 4 0 2 e が、円周方向に延在する溝 1 4 0 8 a に接続され、半径方向に延在する溝 1 4 0 2 c が、円周方向に延在する溝 1 4 0 8 b に接続される。半径方向に延在する溝 1 4 0 2 a、1 4 0 2 b は、接続溝 1 4 0 9 によって、相互に接続される。図 14 に示されるように、半径方向に延在する溝 1 4 0 2 d は、任意の他の半径方向に延在する溝に接続されず、円周方向の溝 1 4 0 8 a のうちのいずれのものにもまた接続されない。本溝配列を用いて、コネクタ 1 4 1 3 a、1 4 1 3 b、1 4 1 3 c は、アクチュエータ 1 4 0 0 の中心内側部分 1 4 1 1 a をアクチュエータ 1 4 0 0 の外側部分 1 4 1 1 b に接続する。コネクタ 1 4 1 3 a は、円周方向の溝 1 4 0 8 a、1 4 0 8 b から半径方向に延在する溝 1 4 0 2 d を分離し、円周方向の溝 1 4 0 8 a、1 4 0 8 b を相互から分離する。コネクタ 1

10

20

30

40

50

4 1 3 bは、円周方向の溝 1 4 0 8 aから溝 1 4 0 2 a、1 4 0 2 b、および接続溝 1 4 0 9を分離し、コネクタ 1 4 1 3 cは、円周方向の溝 1 4 0 8 bから溝 1 4 0 2 a、1 4 0 2 b、および接続溝 1 4 0 9を分離する。

【 0 1 2 8 】

図 1 5 の実施例では、アクチュエータ 1 5 0 0 は、円周方向の溝 1 5 0 8 aが、接続溝 1 5 0 9 aに接続され、ひいては、円周方向の溝 1 5 0 8 aを半径方向に延在する溝 1 5 0 2 a、1 5 0 2 bに接続する点において、アクチュエータ 1 4 0 0 と異なる。これらの溝は、溝の第 1 のセットを形成する。円周方向の溝 1 5 0 8 bは、接続溝 1 5 0 9 bに接続され、ひいては、円周方向の溝 1 5 0 8 bを半径方向に延在する溝 1 5 0 2 c、1 5 0 2 d、1 5 0 2 eに接続する。これらの溝は、溝の第 2 のセットを形成する。いくつかの実施例では、アクチュエータ 1 4 0 0 の円周方向の溝 1 4 0 8 a、1 4 0 8 bと同様に、円周方向の溝 1 5 0 8 a、1 5 0 8 bは、相互から分離されることができる。この点について、溝の第 1 のセットは、溝の第 2 のセットから分離される。コネクタ 1 5 1 3 a、1 5 1 3 bは、アクチュエータ 1 5 0 0 の外側部分 1 5 1 1 bからのアクチュエータ 1 5 0 0 の中心内側部分 1 5 1 1 aを接続し、溝の第 2 のセットから溝の第 1 のセットを分離する。

【 0 1 2 9 】

図 1 6 の実施例では、アクチュエータ 1 6 0 0 は、アクチュエータ 1 6 0 0 が、溝の第 1 のセットを溝の第 2 のセットに接続する、接続溝 1 6 0 9 cを含むという点において、アクチュエータ 1 5 0 0 と異なる。溝の第 1 のセットは、円周方向の溝 1 6 0 8 aを半径方向に延在する溝 1 6 0 2 a、1 6 0 2 bに接続する接続溝 1 6 0 9 aに直接接続される、円周方向の溝 1 6 0 8 aを含む。溝の第 2 のセットは、円周方向の溝 1 6 0 8 bを半径方向に延在する溝 1 6 0 2 c、1 6 0 2 d、1 6 0 2 eに接続する接続溝 1 6 0 9 bに直接接続される、円周方向の溝 1 6 0 8 bを含む。接続溝 1 6 0 9 cは、円周方向の溝 1 6 0 8 aを円周方向の溝 1 6 0 8 bに直接接続し、それによって、溝の第 1 のセットを溝の第 2 のセットに接続する。いくつかの実装では、接続溝 1 6 0 9 cは、複数の半径方向において中心 1 6 0 6 から円周方向の溝 1 6 0 8 a、1 6 0 8 bまで半径方向外向きに延在するアクチュエータ 1 6 0 0 の中心 1 6 0 6 を通して延在する。この点について、コネクタ 1 6 1 3 a、1 6 1 3 bは、コネクタ 1 5 1 3 a、1 5 1 3 bの幅よりも大きい、例えば、コネクタ 1 5 1 3 a、1 5 1 3 bの幅よりも 2 ~ 1 5 倍大きい幅を有する。さらに、アクチュエータ 1 5 0 0 の内側部分 1 5 1 1 aとは異なり、アクチュエータ 1 6 0 0 の内側部分は、接続溝 1 6 0 9 cによって、第 2 の内側部分 1 6 1 1 bから分離された、第 1 の内側部分 1 6 1 1 aに分割される。コネクタ 1 6 1 3 aは、第 1 の内側部分 1 6 1 1 aをアクチュエータ 1 6 0 0 の外側部分 1 6 1 1 cに接続し、コネクタ 1 6 1 3 bは、第 2 の内側部分 1 6 1 1 bを外側部分 1 6 1 1 cに接続する。

【 0 1 3 0 】

図 1 7 の実施例では、アクチュエータ 1 7 0 0 は、半径方向に延在する溝 1 7 0 2 a - 1 7 0 2 i と、接続溝 1 7 0 9 a、1 7 0 9 b とを含む。いくつかの実施例では、半径方向に延在する溝 1 7 0 2 a - 1 7 0 2 e は、図 1 3 に関して説明される半径方向に延在する溝 1 3 0 2 a - 1 3 0 2 e に類似し得、接続溝 1 7 0 9 a、1 7 0 9 b は、接続溝 1 3 0 9 a、1 3 0 9 b に類似する。円周方向の溝 1 3 0 8 a、1 3 0 8 b と同様に、円周方向の溝 1 7 0 8 a、1 7 0 8 b は、半径方向に延在する溝 1 7 0 2 a - 1 7 0 2 e から分離される。いくつかの実施例では、円周方向の溝 1 3 0 8 a、1 3 0 8 とは異なり、円周方向の溝 1 7 0 8 a、1 7 0 8 b は、半径方向に延在する溝 1 7 0 2 f - 1 7 0 2 i に接続されることができる。特に、円周方向の溝 1 7 0 8 a は、半径方向に延在する溝 1 7 0 2 f および半径方向に延在する溝 1 7 0 2 i に接続され、円周方向の溝 1 7 0 8 b は、半径方向に延在する溝 1 7 0 2 g および半径方向に延在する溝 1 7 0 2 h に接続される。半径方向に延在する溝 1 7 0 2 f - 1 7 0 2 i は、それぞれ、半径方向に延在する溝 1 7 0 2 a - 1 7 0 2 c、1 7 0 2 e に平行に、半径方向外向きに延在する。コネクタ 1 7 1 3 a - 1 7 1 3 d は、半径方向に延在する溝 1 7 0 2 f - 1 7 0 2 i と半径方向に延在する溝 1 7 0 2 a - 1 7 0 2 c、1 7 0 2 e との間に位置付けられ、アクチュエータ 1 7 0 0 の

10

20

30

40

50

中心内側部分 1711a をアクチュエータ 1700 の外側部分 1711b に接続する。この点について、コネクタ 1713a - 1713d は、半径方向外向きに延在し、アクチュエータ 1700 の周 1612 に近接して終端する。

【0131】

図 18 の実施例では、アクチュエータ 1800 は、アクチュエータ 1700 の半径方向に延在する溝 1702c - 1702i に類似する、半径方向に延在する溝 1802a - 1802g を含む。いくつかの実施例では、アクチュエータ 1800 は、円周方向の溝 1708a、1708b に類似する、円周方向の溝 1808a、1808b を含むことができる。いくつかの実施例では、アクチュエータ 1800 は、アクチュエータ 1700 の接続溝 1709a に類似する接続溝を含まず、アクチュエータ 1700 の接続溝 1708b に類似する接続溝 1809 を含む。アクチュエータ 1800 は、アクチュエータ 1800 が、アクチュエータ 1700 の半径方向に延在する溝 1702a、1702b に類似する溝を含まないという点において、アクチュエータ 1700 と異なり得る。結果として、アクチュエータ 1800 は、アクチュエータ 1700 のコネクタ 1713c、1713d に類似するコネクタ 1813b、1813c を含むが、アクチュエータ 1800 は、コネクタ 1713a、1713b に類似するコネクタを含まない。むしろ、アクチュエータ 1800 は、アクチュエータ 1800 の内側部分 1811a をアクチュエータ 1800 の外側部分 1811b に接続する、コネクタ 1813a を含む。コネクタ 1813a は、アクチュエータ 1200 のコネクタ 1213b に類似する。

【0132】

図 19 は、アクチュエータ 1200 の半径方向に延在する溝 1202a - 1202e に類似する、半径方向に延在する溝 1902a、1902b、1902c、1902d、1902e（集合的に半径方向に延在する溝 1902 と称される）を含む、アクチュエータ 1900 のある実施例を示す。いくつかの実施例では、溝 1202 とは異なり、溝 1902 が、中心溝 1903 によって相互に接続される。アクチュエータ 1200 の中心内側部分 1211a のような中心内側部分を含む代わりに、アクチュエータ 1900 は、半径方向に延在する溝 1902 を相互に接続する、中心溝 1903 を含む。結果として、アクチュエータ 1900 は、下層の支持構造からの層間剥離のリスクがあり得る、中心内側部分を含まない。

【0133】

本明細書に説明されるアクチュエータは、いくつかの実装では、ユニモルフである。この点について、そのような実装におけるアクチュエータは、単一の活性層と、単一の不活性層とを含む。アクチュエータ 108 は、例えば、支持構造 102 を含む。この点について、圧電層 314 は、活性層に対応し、支持構造 102、例えば、支持構造 102 の変形可能部分 104 は、不活性層に対応する。

【0134】

1 つの具体的な実施例では、印刷ヘッドは、16 個の流体吐出器としての役割を果たす（故に、給送チャネルと関連付けられた 16 のメニスカスが、存在する）、給送チャネル（例えば、入口給送チャネル 304 または出口給送チャネル 408）を有する。給送チャネルは、0.39mm の幅、0.27mm の深度、および 6mm の長さを有する。シリコンノズル層 312 の厚さは、30μm であり、ノズル層 312 の弾性係数は、1.86E9Pa である。各メニスカスの半径は、例えば、7~25μm である。水系インクのための典型的体積弾性係数は、約  $B = 2 \text{ E } 9 \text{ Pa}$  であり、典型的表面張力は、約 0.035N/m である。

【0135】

故に、他の実装もまた、本請求項の範囲内である。

10

20

30

40

【図面】

【図 1】

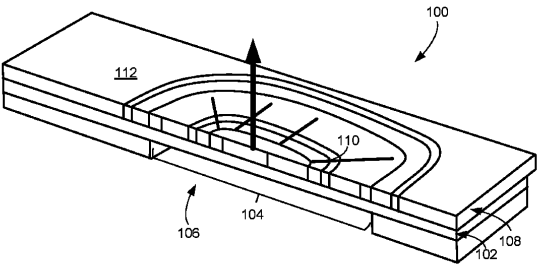


FIG. 1

【図 2】

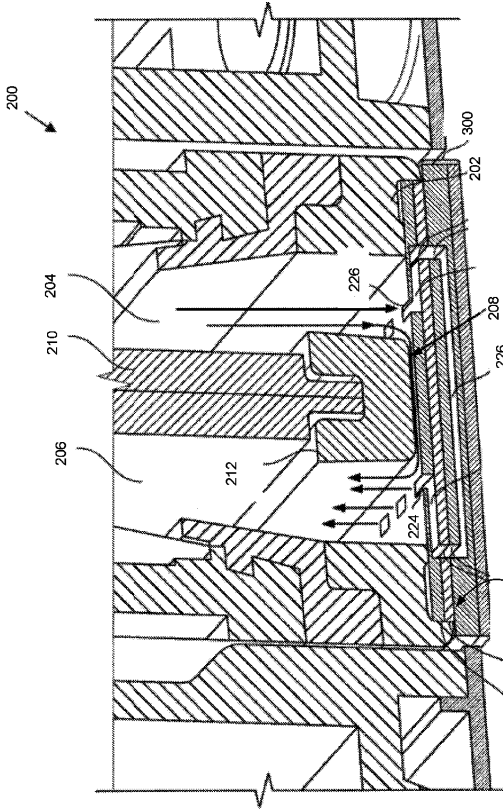


FIG. 2

【図 3】

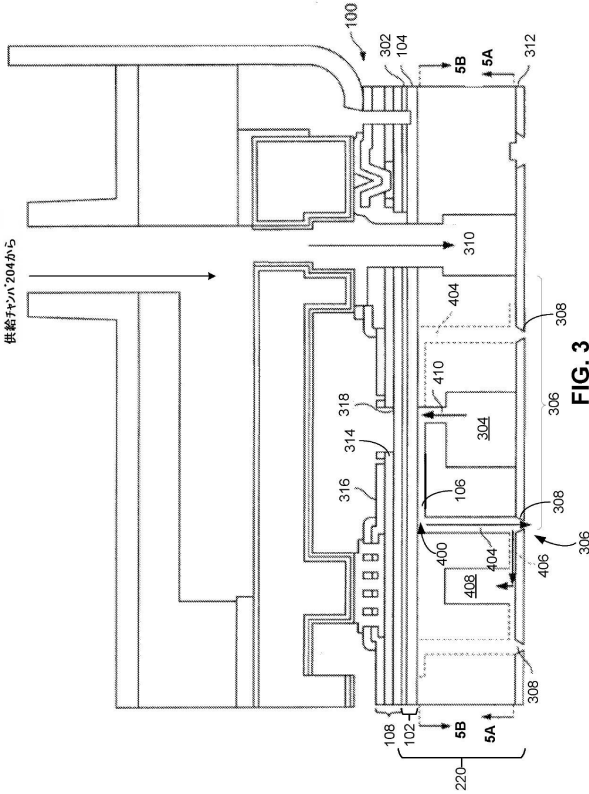


FIG. 3

【図 4】

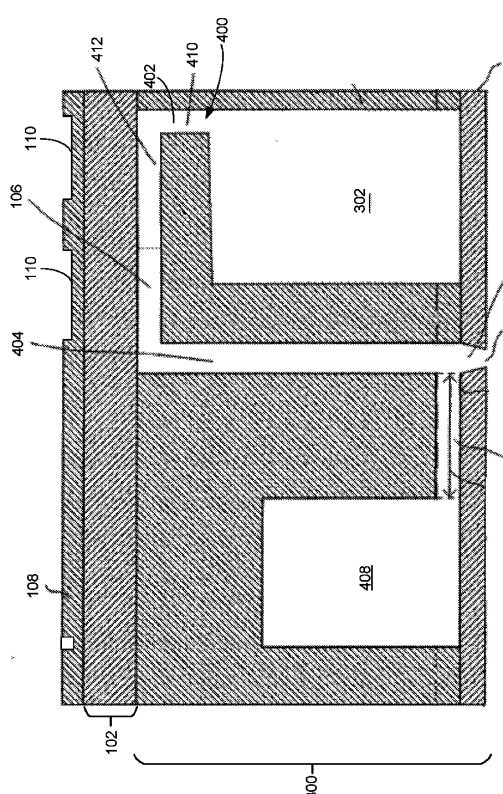


FIG. 4

10

20

30

40

50

【図 5 A】

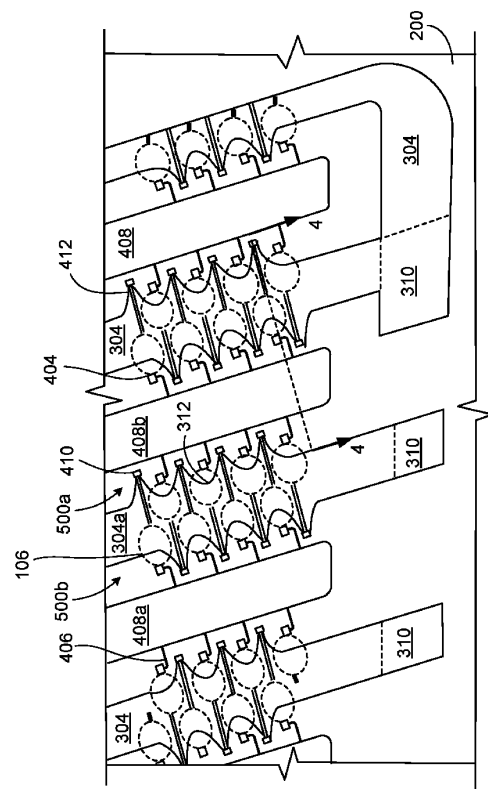


FIG. 5A

【図 5 B】

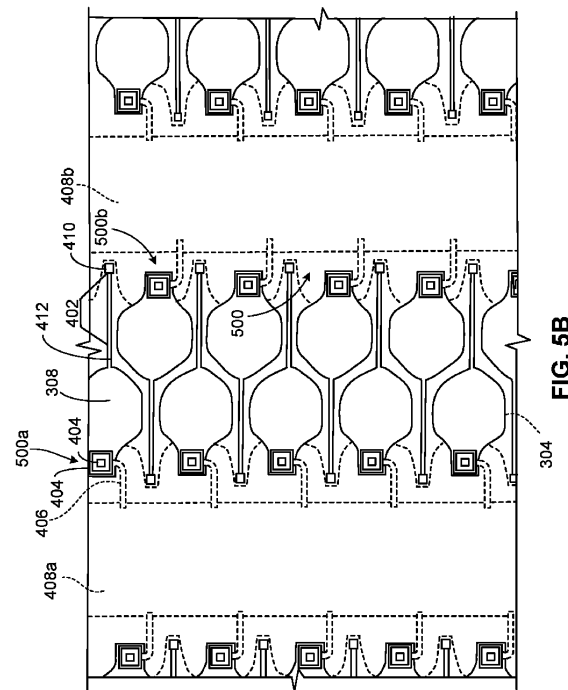


FIG. 5B

【図 6 A】

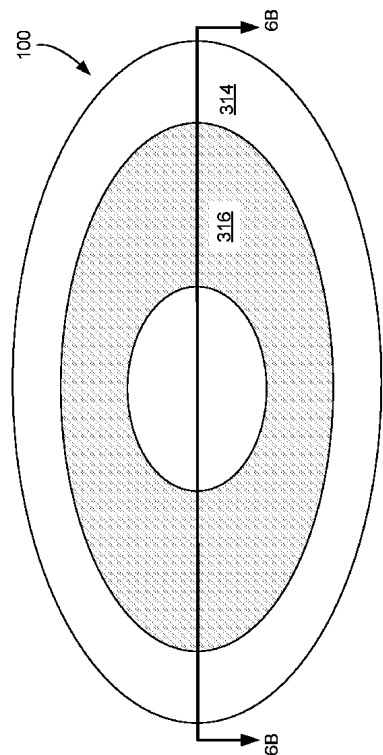


FIG. 6A

【図 6 B】

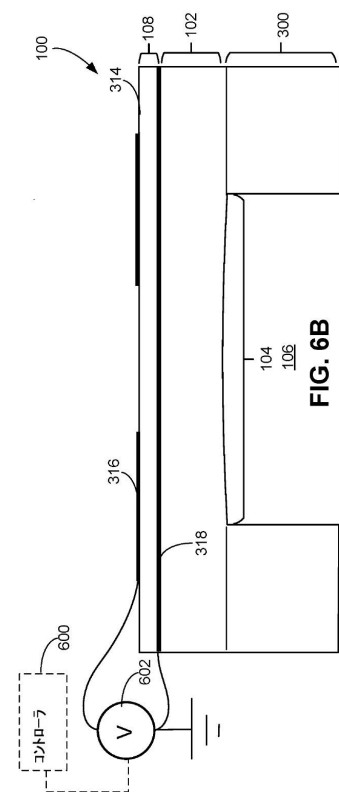


FIG. 6B

10

20

30

40

50

【図 7】

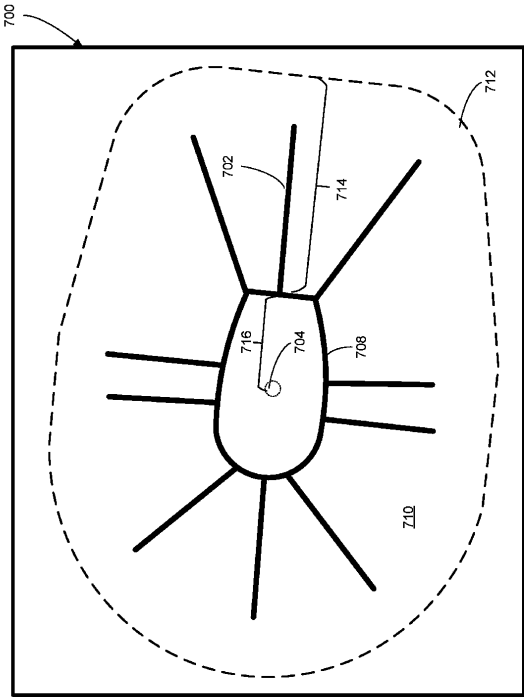


FIG. 7

【図 8】

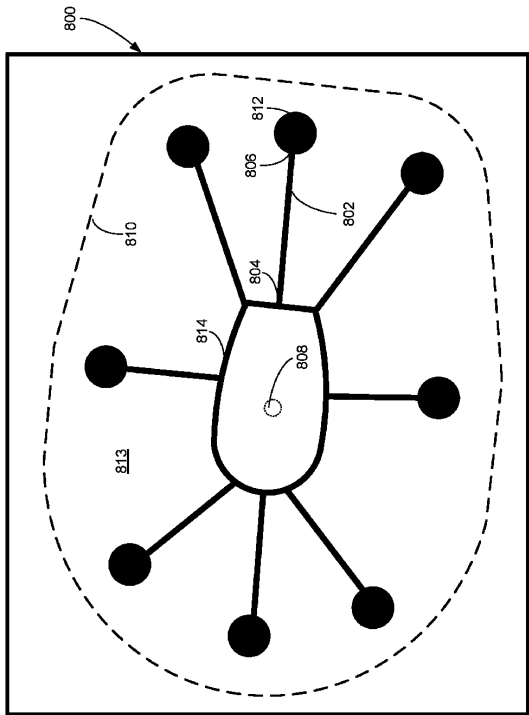


FIG. 8

【図 9】

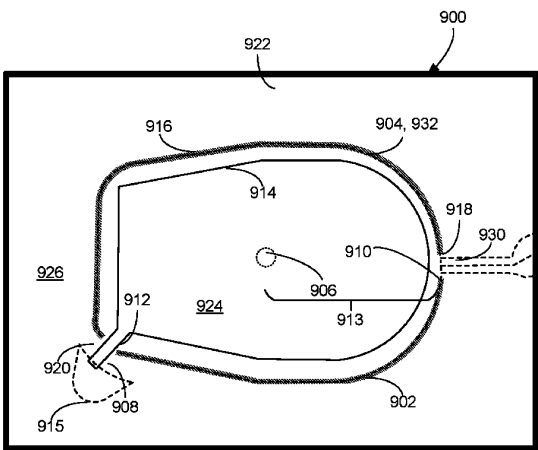


FIG. 9

【図 10】

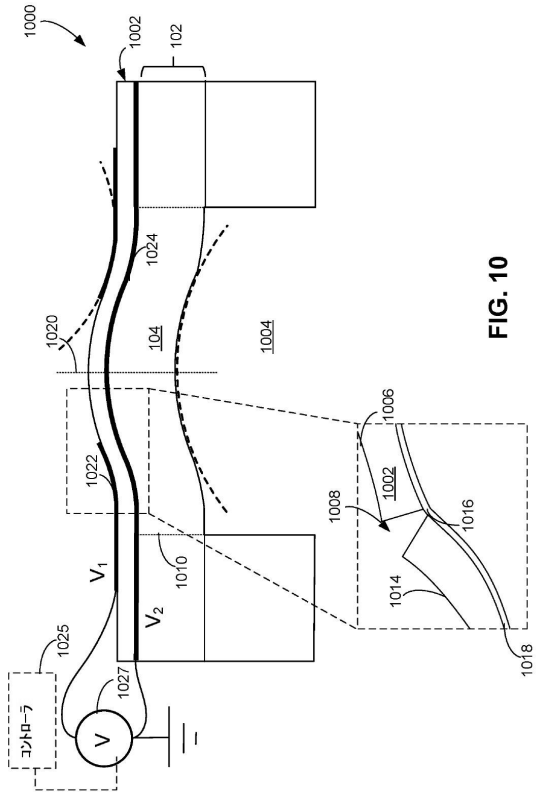


FIG. 10

10

20

30

40

50



【図 1 1】

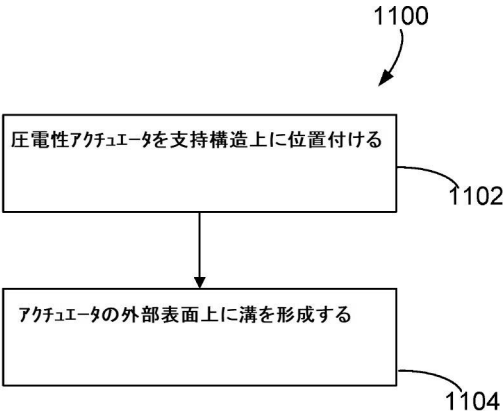


FIG. 11

【図 1 2】

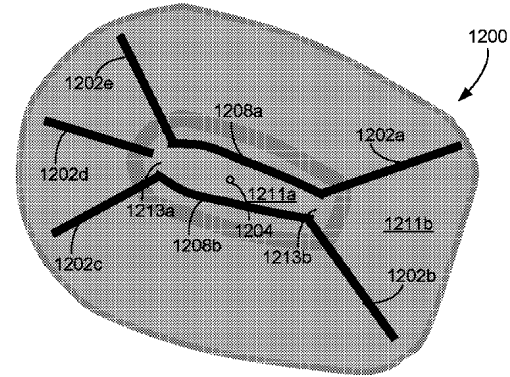


FIG. 12

10

20

【図 1 3】

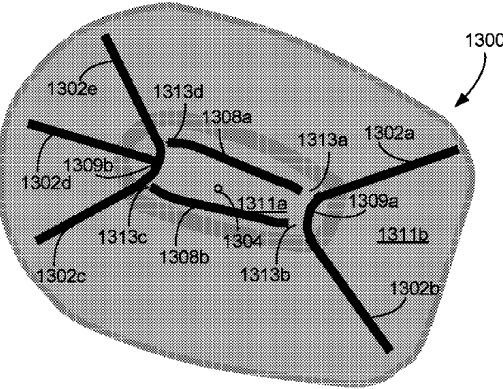


FIG. 13

【図 1 4】

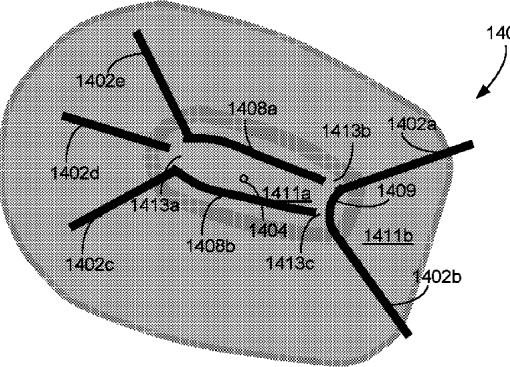


FIG. 14

30

40

50

【 図 1 5 】

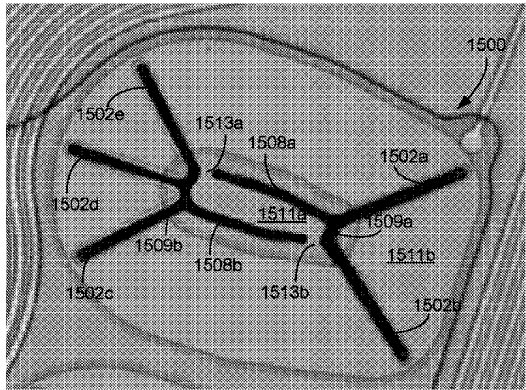


FIG. 15

【 図 1 6 】

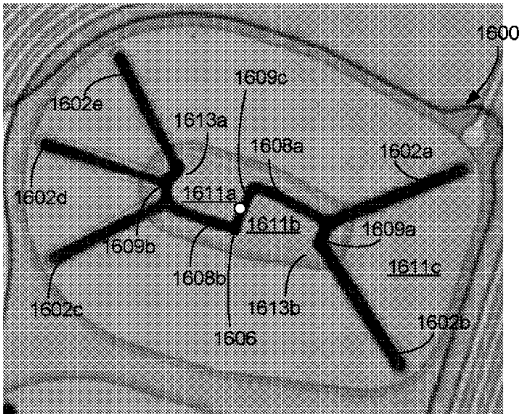


FIG. 16

【 図 1 7 】

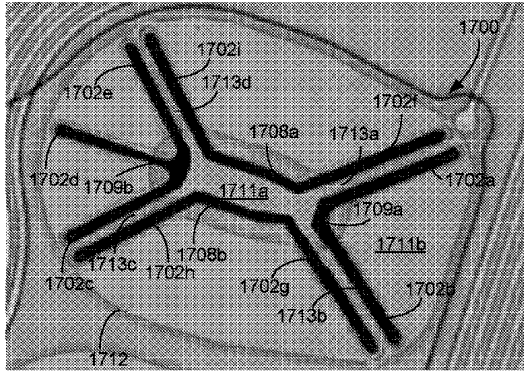


FIG. 17

【 図 1 8 】

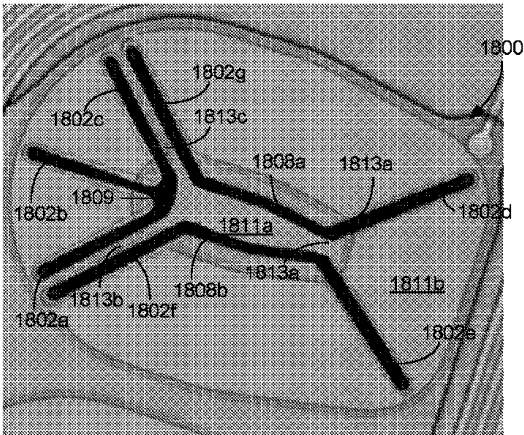


FIG. 18

10

20

30

40

50

【 図 1 9 】

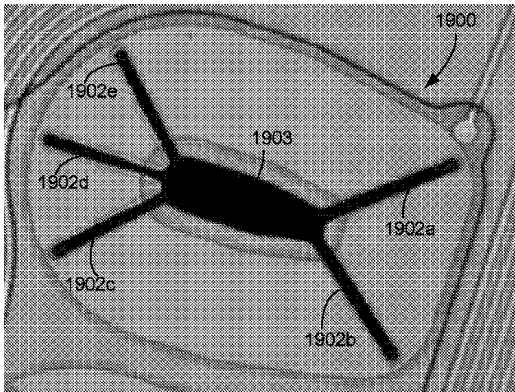


FIG. 19

10

20

30

40

50

## フロントページの続き

- ウッド レーン 53
- (72)発明者 スギモト, シンヤ  
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95128, サン ノゼ, マグリオッコ ドライブ 3101  
ナンバー 109
- (72)発明者 オットソン, マッツ ジー.  
スウェーデン国 13235 サルトヒェ - ボー, マルコールヴェーゲン 4
- 審査官 長田 守夫
- (56)参考文献 特開2005-104040(JP, A)  
国際公開第01/042018(WO, A1)  
米国特許出願公開第2008/0165228(US, A1)  
特開2007-1051(JP, A)  
米国特許出願公開第2007/0120898(US, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
B41J 2/01 - 2/215  
F04B 43/00 - 47/14