

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-60127

(P2006-60127A)

(43) 公開日 平成18年3月2日(2006.3.2)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 41/22 (2006.01)	HO 1 L 41/22 Z	2 C 0 5 7
FO 4 B 43/04 (2006.01)	FO 4 B 43/04 B	3 H 0 7 7
HO 2 N 2/00 (2006.01)	HO 2 N 2/00 Z	
B 4 1 J 2/045 (2006.01)	B 4 1 J 3/04 1 O 3 A	
B 4 1 J 2/055 (2006.01)	B 4 1 J 3/04 1 O 3 H	

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2004-242329 (P2004-242329)	(71) 出願人	000002369 セイコーエプソン株式会社 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(22) 出願日	平成16年8月23日 (2004.8.23)	(74) 代理人	100090479 弁理士 井上 一
		(74) 代理人	100090387 弁理士 布施 行夫
		(74) 代理人	100090398 弁理士 大淵 美千栄
		(72) 発明者	岩下 節也 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		(72) 発明者	野口 元久 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

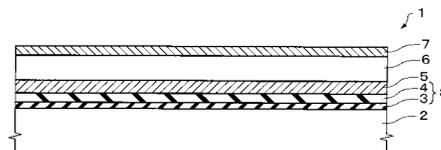
(54) 【発明の名称】 アクチュエータ、インクジェット式記録ヘッド、インクジェットプリンタ、アクチュエータポンプ、およびアクチュエータの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 変位量の大きいアクチュエータを提供する。

【解決手段】 本発明にかかるアクチュエータは、基板と、前記基板の上方に形成された下部電極と、前記下部電極の上方に形成された電歪ポリマー膜と、前記電歪ポリマー膜の上方に形成された上部電極と、を含む。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

基板と、  
前記基板の上方に形成された下部電極と、  
前記下部電極の上方に形成された電歪ポリマー膜と、  
前記電歪ポリマー膜の上方に形成された上部電極と、  
を含む、アクチュエータ。

## 【請求項 2】

請求項 1 において、  
前記基板の上方であって、前記下部電極の下方に形成された弾性体膜を有する、アクチュエータ。 10

## 【請求項 3】

請求項 2 において、  
前記弾性体膜は、イットリア安定化ジルコニア、酸化セリウム、酸化ジルコニウム、およびこれらを含む固溶体のうち、少なくとも 1 種を含む硬質膜を有する、アクチュエータ。

## 【請求項 4】

請求項 2 または 3 において、  
前記弾性体膜は、酸化シリコン膜を有する、アクチュエータ。

## 【請求項 5】

請求項 4 において、  
前記基板は、単結晶シリコンからなる、アクチュエータ。 20

## 【請求項 6】

請求項 1 ないし 5 のいずれかにおいて、  
前記下部電極は、導電性ポリマーからなる、アクチュエータ。

## 【請求項 7】

請求項 1 ないし 6 のいずれかにおいて、  
前記上部電極は、導電性ポリマーからなる、アクチュエータ。

## 【請求項 8】

請求項 1 ないし 7 のいずれかにおいて、  
前記電歪ポリマー膜は、シリコーンゴム、ポリウレタン、フルオロエラストマー、およびポリブタジエンのうち、少なくとも 1 種からなる、アクチュエータ。 30

## 【請求項 9】

請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載のアクチュエータを有する、インクジェット式記録ヘッド。

## 【請求項 10】

請求項 9 に記載のインクジェット式記録ヘッドを有する、インクジェットプリンタ。

## 【請求項 11】

請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載のアクチュエータを有する、アクチュエータポンプ。 40

## 【請求項 12】

( a ) 基板の上方に下部電極の材料を含む溶液を塗布し、熱処理することにより下部電極を形成する工程と、  
( b ) 前記下部電極の上方に、電歪ポリマーを含む溶液を塗布し、熱処理することにより電歪ポリマー膜を形成する工程と、  
( c ) 前記電歪ポリマー膜の上方に上部電極の材料を含む溶液を塗布し、熱処理することにより上部電極を形成する工程と、  
を含む、アクチュエータの製造方法。

## 【請求項 13】

請求項 12 において、 50

前記工程 ( a ) ないし ( c ) のうち、少なくとも 1 つの工程では、液滴吐出法により前記溶液を塗布する、アクチュエータの製造方法。

【請求項 14】

請求項 12 または 13 において、

前記工程 ( a ) の前に、

シリコンからなる前記基板の少なくとも表面を熱酸化することにより、酸化シリコンからなる弾性体膜を前記基板上に形成する工程、をさらに含む、アクチュエータの製造方法。

【請求項 15】

請求項 12 ないし 14 のいずれかにおいて、

前記上部電極の材料を含む溶液は、金属微粒子を含む液体、または導電性ポリマーを含む溶液である、アクチュエータの製造方法。

【請求項 16】

請求項 12 ないし 15 のいずれかにおいて、

前記下部電極の材料を含む溶液は、金属微粒子を含む液体、または導電性ポリマーを含む溶液である、アクチュエータの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電歪ポリマー膜を有するアクチュエータならびにその製造方法、インクジェット式記録ヘッド、インクジェットプリンタ、およびアクチュエータポンプに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、流体を制御するためのアクチュエータとしては、たとえば、セラミックス系材料を用いた圧電素子、電磁力、空気圧を用いたものがある。しかし、このようなアクチュエータは、変位量が小さい、消費エネルギーが大きい等の問題があった。

【0003】

またこのようなアクチュエータを用いた応用デバイスとして、インクジェットプリンタが知られている。インクジェットプリンタは、内容積が変化するキャピティを有するインクジェット式記録ヘッドを備える。インクジェットプリンタは、インクジェット式記録ヘッドを走査させつつ、そのノズルからインク滴を吐出することにより、印刷を行うものである。

【0004】

近年、このようなインクジェットプリンタにおいて、さらなる高画質化が要求されるようになってきている。このような要求に応えるためには、インクジェット式記録ヘッドにおけるノズルの高密度化が欠かせない技術となってきている。

【0005】

従来、インクジェットプリンタ用のインクジェット式記録ヘッドにおけるヘッドアクチュエーターとしては、 $PZT (Pb(Zr, Ti)O_3)$  に代表される圧電体膜を用いた圧電素子が用いられている (例えば、特開 2001-223404 号公報)。

【0006】

しかしながら、インクジェット式記録ヘッドにおけるノズルを高密度化するためにキャピティを小さくした場合、圧電素子では、変位量に限界があるため、キャピティの内容積の変化量が不十分となり、インクの吐出性能が悪くなってしまうことがある。

【0007】

また、圧電ポンプにおいても、その特性向上が望まれていることから、新たな材料による良好なポンプの提供が望まれている。

【特許文献 1】特開 2001-223404 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

## 【0008】

本発明の目的は、変位量の大きいアクチュエータおよびその製造方法を提供することにある。また本発明の他の目的は、上記アクチュエータを用いたインクジェット式記録ヘッド、インクジェットプリンタ、およびアクチュエータポンプを提供することにある。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0009】

本発明にかかるアクチュエータは、  
基板と、  
前記基板の上方に形成された下部電極と、  
前記下部電極の上方に形成された電歪ポリマー膜と、  
前記電歪ポリマー膜の上方に形成された上部電極と、を含む。

10

## 【0010】

本発明にかかるアクチュエータは、  
前記基板の上方であって、前記下部電極の下方に形成された弾性体膜を有することができる。

## 【0011】

本発明にかかるアクチュエータにおいて、前記弾性体膜は、イットリア安定化ジルコニア、酸化セリウム、酸化ジルコニウム、およびこれらを含む固溶体のうち、少なくとも1種を含む硬質膜を有することができる。

## 【0012】

本発明にかかるアクチュエータにおいて、前記弾性体膜は、酸化シリコン膜を有することができる。

20

## 【0013】

本発明にかかるアクチュエータにおいて、前記基板は、単結晶シリコンからなることができる。

## 【0014】

本発明にかかるアクチュエータにおいて、前記下部電極は、導電性ポリマーからなることができる。

## 【0015】

本発明にかかるアクチュエータにおいて、前記上部電極は、導電性ポリマーからなることができる。

30

## 【0016】

本発明にかかるアクチュエータにおいて、前記電歪ポリマー膜は、シリコーンゴム、ポリウレタン、フルオロエラストマー、およびポリブタジエンのうち、少なくとも1種からなることができる。

## 【0017】

本発明にかかるインクジェット式記録ヘッドは、上述したアクチュエータを有する。

## 【0018】

本発明にかかるインクジェットプリンタは、上述したインクジェット式記録ヘッドを有する。

40

## 【0019】

本発明にかかるアクチュエータポンプは、上述したアクチュエータを有する。

## 【0020】

本発明にかかるアクチュエータの製造方法は、

(a) 基板の上方に下部電極の材料を含む溶液を塗布し、熱処理することにより下部電極を形成する工程と、

(b) 前記下部電極の上方に、電歪ポリマーを含む溶液を塗布し、熱処理することにより電歪ポリマー膜を形成する工程と、

(c) 前記電歪ポリマー膜の上方に上部電極の材料を含む溶液を塗布し、熱処理することにより上部電極を形成する工程と、

50

を含む。

【0021】

本発明にかかるアクチュエータの製造方法において、前記工程(a)ないし(c)のうち、少なくとも1つの工程では、液滴吐出法により前記溶液を塗布することができる。

【0022】

本発明にかかるアクチュエータの製造方法において、前記工程(a)の前に、シリコンからなる前記基板の少なくとも表面を熱酸化することにより、酸化シリコンからなる弾性体膜を前記基板上に形成する工程、をさらに含むことができる。

【0023】

本発明にかかるアクチュエータの製造方法において、前記上部電極の材料を含む溶液は、金属微粒子を含む液体、または導電性ポリマーを含む溶液であることができる。

10

【0024】

本発明にかかるアクチュエータの製造方法において、前記下部電極の材料を含む溶液は、金属微粒子を含む液体、または導電性ポリマーを含む溶液であることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

以下、本発明に好適な実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

【0026】

1.1. アクチュエータ

図1は、本実施の形態にかかるアクチュエータを示す断面図である。アクチュエータ1は、シリコン基板2と、シリコン基板2上に形成された酸化シリコン膜3と、酸化シリコン膜3上に形成された硬質膜4と、硬質膜4上に形成された下部電極5と、下部電極5上に形成された電歪ポリマー膜6と、電歪ポリマー膜6上に形成された上部電極7とを含む。本実施の形態において、弾性体膜8は、酸化シリコン膜3および硬質膜4を含む。

20

【0027】

電歪ポリマー膜6の材質は、電圧が印加されると膜厚方向に圧縮され、平面方向に伸長する電歪ポリマーであり、たとえば、シリコンゴム、ポリウレタン、フルオロエラストマー、およびポリブタジエンのうち、少なくとも1種からなる。これにより、電歪ポリマー膜6は、電圧が印加されることにより、膜の面と平行な方向に伸長し、面と垂直な方向に収縮する機能を有する。これにより電歪ポリマー膜6は、電圧が印加されると図中の下

30

【0028】

弾性体膜8の材質は、電歪ポリマー膜6より硬い材質からなることが好ましい。電歪ポリマー膜6は、柔らかい材質の電歪ポリマーからなる。アクチュエータ1は、電歪ポリマー膜6より硬い材質からなる弾性体膜8を有することによって、弾性体膜8を有さない場合と比べて、流体の制御性を向上させることができる。よって、たとえば、このようなアクチュエータ1がインクジェット式記録ヘッドに用いられたときに、インクの吐出速度を向上させることができる。

【0029】

弾性体膜8は、酸化シリコン膜3および硬質膜4の一方のみで形成されていてもよい。たとえば、弾性体膜8が酸化シリコン膜3のみで形成されている場合には、シリコン基板2を酸化させることにより弾性体膜8を形成することができるため、製造工程を簡略化することができる。弾性体膜8が酸化シリコン膜3および硬質膜4の双方を有する場合には、弾性体膜8が酸化シリコン膜3および硬質膜4の一方のみを有する場合と比べて、流体の制御性をより向上させることができる。

40

【0030】

シリコン基板2としては、たとえば、(100)配向または(110)配向の単結晶シリコン基板を用いる。酸化シリコン膜3は、上述したようにシリコン基板2を酸化させた膜である。硬質膜4は、イットリア安定化ジルコニア、酸化セリウム、酸化ジルコニウム、およびこれらを含む固溶体のうち、少なくとも1種からなる。

50

## 【0031】

下部電極5は、電歪ポリマー膜6に電圧を印加するための一方の電極である。下部電極5の材質としては、Pt、Ir、Ru、Cu、Al、Au、Agなどの金属、またはポリエチレンジオキサンチオフェン（以下PEDOT）やポリアニリンなどの導電性ポリマーを用いる。

## 【0032】

上部電極7は、電歪ポリマー膜6に電圧を印加するための他方の電極である。上部電極7の材質としては、下部電極5と同様に例えば金属のPt、Ir、Ru、Cu、Al、Au、Ag、またはポリエチレンジオキサンチオフェン（以下PEDOT）やポリアニリンなどの導電性ポリマーを用いることができる。

10

## 【0033】

下部電極5および上部電極7の材質としては、導電性ポリマーを用いることが好ましい。導電性ポリマーを用いた電極は、金属を用いた電極と比べて柔らかいため、電歪ポリマー膜6が撓むと同時に、無理なく追従して撓むことができるため、耐久性が高い。また導電性ポリマーを用いた電極は、柔らかいことから、かかる電極を有するアクチュエータ1は、動作性が良好である。

## 【0034】

## 1.2. アクチュエータの製造方法

次に本実施の形態にかかるアクチュエータ1の製造方法について説明する。

## 【0035】

(1) まず、シリコン基板2として、(100)配向または(110)配向の単結晶シリコン基板を用意する。

20

## 【0036】

(2) 次に、図2に示すように、シリコン基板2上に酸化シリコン膜3を形成する。酸化シリコン膜3は、たとえば、シリコン基板2の表面を熱酸化することにより得られる。

## 【0037】

(3) 次に、図3に示すように、酸化シリコン膜3上に硬質膜4を形成する。硬質膜4の形成方法としては、CVD法やスパッタ法、蒸着法などの気相法が、形成する材質に応じて適宜採用される。

## 【0038】

(4) 次に、図4に示すように、硬質膜4上に下部電極5が形成される。下部電極5は、金属微粒子を溶媒に分散させた金属微粒子を含む液体、または導電性ポリマーを含む液体を、硬質膜4上に塗布し、熱をかけて乾燥することによって形成される。上記液体を硬質膜4上に塗布する方法としては、スピンコート法、液滴吐出法等が挙げられる。液滴吐出法としては、たとえば、インクジェット法があげられる。また金属を用いた下部電極5の形成方法としては、スパッタ法、蒸着法などを用いることもできる。

30

## 【0039】

(5) 次に、図5に示すように、下部電極5上に電歪ポリマー膜6を形成する。電歪ポリマー膜6は、電歪ポリマーを含む溶液を下部電極5の表面に塗布し、熱処理し、乾燥することにより形成される。溶液を塗布する方法としては、スピンコート、ディップコート、インクジェット法などの液滴吐出法などをあげることができる。

40

## 【0040】

(6) 次に、図1に示すように、電歪ポリマー膜6上に上部電極7を形成する。上部電極7は、金属微粒子を溶媒に分散させた金属微粒子を含む液体、または導電性ポリマーを含む液体を、硬質膜4上に塗布し、熱処理し、乾燥することによって形成される。上記液体を硬質膜4上に塗布する方法としては、スピンコート法、液滴吐出法等が挙げられる。塗布する溶液に含まれる金属微粒子の粒径は、溶剤への分散のしやすさとインクジェット法の適用の観点から、50nm以上0.1μm以下であることが好ましい。

## 【0041】

## 1.3. アクチュエータの作用および効果

50

本実施の形態にかかるアクチュエータ1は、電歪ポリマーを用いて形成されているため、変位量が大きく、消費エネルギーが小さいため、効率的に流体を制御することができる。また、アクチュエータ1は、弾性体膜8である酸化シリコン膜3および硬質膜4を有する。これにより、アクチュエータ1がインクジェット式記録ヘッドに用いられたときに、インクの吐出速度を向上させることができる。

#### 【0042】

##### 2.1. インクジェット式記録ヘッド

次に図1に示したアクチュエータ1を適用したインクジェット式記録ヘッドについて説明する。図6は、図1に示したアクチュエータ1を用いたインクジェット式記録ヘッドの概略構成を示す側断面図であり、図7は、このインクジェット式記録ヘッドの分解斜視図である。なお、図7は、通常使用される状態とは上下逆に示したものである。

10

#### 【0043】

インクジェット式記録ヘッド(以下、「ヘッド」ともいう)50は、図6に示すように、ノズル板51と、インク室基板52と、インク室基板52上に設けられた弾性板55と、弾性板55上に設けられた電歪ポリマー素子54と、を備える。なお、図6に示した電歪ポリマー素子54は、図1に示したアクチュエータ1における電歪ポリマー膜6、および上部電極7からなるものである。また、図6に示した弾性板55は、図1に示したアクチュエータ1における酸化シリコン膜3、硬質膜4、および下部電極5からなるものである。

#### 【0044】

すなわち、ヘッド50は、図7に示すように、ノズル板51と、インク室基板52と、弾性板55と、弾性板55に接合された電歪ポリマー素子(振動源)54とを備え、これらが基体56に収納されて構成されている。なお、このヘッド50は、オンデマンド形のピエゾジェット式ヘッドを構成している。

20

#### 【0045】

ノズル板51は、例えばステンレス製の圧延プレート等で構成されたもので、インク滴を吐出するための多数のノズル511を一列に形成したものである。これらノズル511間のピッチは、印刷精度に応じて適宜に設定されている。

#### 【0046】

ノズル板51には、インク室基板52が固着(固定)されている。インク室基板52は、上述のシリコン基板2によって形成されたものである。インク室基板52は、ノズル板51、側壁(隔壁)522、および後述する弾性板55によって、複数のキャビティ(インクキャビティ)521と、リザーバ523と、供給口524と、を区画形成したものである。リザーバ523は、インクカートリッジ631(図14参照)から供給されるインクを一時的に貯留する。供給口524によって、リザーバ523から各キャビティ521にインクが供給される。

30

#### 【0047】

キャビティ521は、それぞれ短冊状に形成されている。キャビティ521の平面形状は、図8および図9に示すように、長軸と短軸とを有した矩形状(平行四辺形状)である。キャビティ521の長軸、短軸の代表的なスケールは、それぞれ2mm、60 $\mu$ mである。キャビティ521は、図6および図7に示すように、各ノズル511に対応して配設されている。キャビティ521は、後述する弾性板55の振動によってそれぞれ容積可変になっている。キャビティ521は、この容積変化によってインクを吐出するよう構成されている。

40

#### 【0048】

インク室基板52の平均厚さ、すなわちキャビティ521を含む厚さとしては、特に限定されないが、10~1000 $\mu$ m程度とするのが好ましく、100~500 $\mu$ m程度とするのがより好ましい。また、キャビティ521の容積としては、特に限定されないが、0.1~100nL程度とするのが好ましく、0.1~10nL程度とするのがより好ましい。

50

## 【0049】

インク室基板52のノズル板51と反対の側には弾性板55が配設されている。さらに弾性板55のインク室基板52と反対の側には複数の電歪ポリマー素子54が設けられている。弾性板55の所定位置には、図7に示すように、弾性板55の厚さ方向に貫通して連通孔531が形成されている。連通孔531により、後述するインクカートリッジ631からリザーバ523へのインクの供給がなされる。

## 【0050】

各電歪ポリマー素子54は、前述したように電歪ポリマー膜6および上部電極7によって構成されている。各電歪ポリマー素子54は、図9に示すように、各々が各キャピティ521のほぼ中央部に対応して配設された、平面視長形状のものである。これら各電歪ポリマー素子54は、後述する駆動回路に電氣的に接続され、駆動回路の信号に基づいて作動(振動、変形)するよう構成されている。すなわち、各電歪ポリマー素子54はそれぞれ振動源(ヘッドアクチュエーター)として機能する。弾性板55は、電歪ポリマー素子54の振動(たわみ)によって振動し(たわみ)、キャピティ521の内部圧力を瞬間的に高めるよう機能する。

10

## 【0051】

## 2.2. インクジェット式記録ヘッドの動作

次に、本実施の形態におけるインクジェット式記録ヘッド50の動作について説明する。図10は、下部電極5と上部電極7との間に電圧が印加されていない状態におけるヘッド50を示す。

20

## 【0052】

アクチュエータ1の製造方法の説明において上述したように、下部電極5、電歪ポリマー膜6、および上部電極7は、材料を含む溶液を塗布し、当該溶液を熱処理により乾燥することによって形成される。ここで溶媒が蒸発するとともに、膜が収縮するため、下部電極5、電歪ポリマー膜6、および上部電極7は、面内方向に圧縮応力がかかる。この応力によって、電圧が印加されていない状態であっても、図10に示すように、弾性板55、電歪ポリマー膜6、および上部電極7は、キャピティ521側に撓んでいる。

## 【0053】

図11は、下部電極5と上部電極7の間に電圧が印加されている状態におけるヘッド50を示す。電歪ポリマー膜6に電圧を印加すると、電歪ポリマー膜6は、面に対して平行な方向に伸長するため、面に対して垂直方向に撓む。ここで電歪ポリマー膜6は、図10に示すように、電圧を印加していない状態で既にキャピティ521側に撓んでいるため、電圧が印加されたときには、図11に示すように、キャピティ521側にさらに撓む。これにより、弾性板55がたわみ、キャピティ521の容積変化が生じる。このとき、キャピティ521内の圧力が瞬間的に高まり、ノズル511からインク滴が吐出される。

30

## 【0054】

ここで、キャピティ521の電歪ポリマー膜6の変位量(絶対値)が大きければ大きいほど、弾性板55のたわみ量が大きくなり、より効率的にインク滴を吐出することが可能になる。ここで、効率的とは、より少ない電圧で同じ量のインク滴を飛ばすことができることを意味する。すなわち、駆動回路を簡略化することができ、同時に消費電力を低減することができるため、ノズル511のピッチをより高密度に形成することができる。または、キャピティ521の長軸の長さを短くすることができるため、ヘッド全体を小型化することができる。また、電歪ポリマー膜6に印加する電圧を大きくすると、電歪ポリマー膜6のたわみ量が大きくなる。よって、印加する電圧を変化させることにより、ヘッド50が吐出するインク滴の量を調整することができる。

40

## 【0055】

1回のインクの吐出が終了すると、駆動回路は、下部電極5と上部電極7との間への電圧の印加を停止する。これにより、電歪ポリマー素子54は図10に示した元の形状に戻り、キャピティ521の容積が増大する。なお、このとき、インクには、後述するインクカートリッジ631からノズル511へ向かう圧力(正方向への圧力)が作用している。

50

このため、空気がノズル 5 1 1 からキャビティ 5 2 1 へと入り込むことが防止され、インクの吐出量に見合った量のインクがインクカートリッジ 6 3 1 からリザーバ 5 2 3 を経てキャビティ 5 2 1 へ供給される。

【 0 0 5 6 】

このように、インク滴の吐出を行わせたい位置の電歪ポリマー膜 6 に対して、駆動回路を介して吐出信号を順次入力することにより、任意の（所望の）文字や図形等を印刷することができる。

【 0 0 5 7 】

### 2. 3. インクジェット式記録ヘッドの製造方法

次に、本実施の形態におけるインクジェット式記録ヘッド 5 0 の製造方法の一例について説明する。 10

【 0 0 5 8 】

（ 1 ）まず、インク室基板 5 2 となる母材、シリコン単結晶からなるシリコン基板 2 を用意する。シリコン基板 2 としては、（ 1 1 0 ）配向または（ 1 0 0 ）配向のシリコン単結晶基板が用いられる。

【 0 0 5 9 】

（ 2 ）次に、図 2 ~ 図 5、および図 1 に示すように、シリコン基板 2 上に、酸化シリコン膜 3、硬質膜 4、下部電極 5、電歪ポリマー膜 6、および上部電極 7 を順次形成する。ここで、電歪ポリマー膜 6 および上部電極 7 については、液滴吐出法を用いて、所定のパターンに形成することができる。本実施の形態では、液滴吐出法として、インクジェット法を用いるのが好ましい。インクジェット法は、他の方法に比べて材料を有効利用することができ、かつパターニング工程を簡略化することができるからである。特に、インクジェット法は、液滴の吐出量および着弾位置を微調節することができるため、ノズルが高密度化されたインクジェット式記録ヘッドに用いられるアクチュエータの製造に適している。この場合、溶液を塗布する前に、硬質膜 4 上の所定の位置に、撥液処理または親液処理をほどこしたり、バンクを形成したりしてもよい。これにより、簡便な方法で、精度の高い電歪ポリマー膜 6 のパターンを形成することができる。 20

【 0 0 6 0 】

（ 3 ）次に、図 1 2 に示すように、電歪ポリマー膜 6 および上部電極 7 を所定形状に加工する。具体的には、上部電極 7 上にレジストをスピコートした後、キャビティ 5 2 1 が形成されるべき位置に合わせて露光・現像してパターニングする。残ったレジストをマスクとして上部電極 7 および電歪ポリマー膜 6 をイオンミリング等でエッチングする。 30

【 0 0 6 1 】

ここで、下部電極 5 は、電歪ポリマー薄膜層 4 3 に電圧を印加するための一方の電極であり、インク室基板 2 0 上に形成される複数のアクチュエータに共通な電極として機能するように酸化シリコン膜 3 および硬質膜 4 と同じ領域に形成されるが、これにかえて、電歪ポリマー膜 6 および上部電極 7 と同様の形状に形成されてもよい。

【 0 0 6 2 】

（ 4 ）次に、図 1 3 および図 7 に示すように、次いで、インク室基板 5 2 となる母材（シリコン基板 2）を加工（パターニング）し、電歪ポリマー素子 5 4 に対応する位置にそれぞれキャビティ 5 2 1 となる凹部を、また、所定位置にリザーバ 5 2 3 および供給口 5 2 4 となる凹部を形成する。 40

【 0 0 6 3 】

具体的には、キャビティ 5 2 1、リザーバ 5 2 3 および供給口 5 2 4 を形成すべき位置に合せてマスク層を形成する。次に、例えば平行平板型反応性イオンエッチング、誘導結合型方式、エレクトロンサイクロトロン共鳴方式、ヘリコン波励起方式、マグネトロン方式、プラズマエッチング方式、イオンビームエッチング方式などのドライエッチング、あるいは 5 重量% ~ 40 重量% 程度の水酸化カリウム、テトラメチルアンモニウムハイドロオキシドなどの高濃度アルカリ水溶液によるウェットエッチングを行う。

【 0 0 6 4 】

本実施の形態では、母材として(110)配向のシリコン基板を用いているので、高濃度アルカリ水溶液を用いたウェットエッチング(異方性エッチング)が好適に採用される。高濃度アルカリ水溶液によるウェットエッチングの際には、酸化シリコン膜3をエッチングストップとして機能させることができる。したがって、インク室基板52の形成をより容易に行うことができる。

#### 【0065】

このようにして母材(シリコン基板2)を、その厚さ方向に酸化シリコン膜3が露出するまでエッチング除去することにより、インク室基板52を形成する。このときエッチングされずに残った部分が側壁522となる。露出した酸化シリコン膜3、硬質膜4、および下部電極5は、弾性板55としての機能を発揮し得る状態となる。

10

#### 【0066】

(5)次に、図6に示すように、複数のノズル511が形成されたノズル板51を、各ノズル511が各キャピティ521となる凹部に対応するように位置合わせし、その状態で接合する。これにより、複数のキャピティ521、リザーバ523および複数の供給口524が形成される。ノズル板51の接合については、例えば接着剤による接着法や、融着法などを用いることができる。次に、インク室基板52を基体56に取り付ける。

#### 【0067】

以上の工程によって、本実施の形態にかかるインクジェット式記録ヘッド50を製造することができる。

#### 【0068】

20

#### 2.4.作用・効果

本実施の形態にかかるインクジェット式記録ヘッド50によれば、前述したように、電歪ポリマーを用いて形成されているため、変位量が大きい。よって、効率的なインクの吐出が可能となり、ノズル511の高密度化などが可能となる。したがって、高密度印刷や高速印刷が可能となる。さらには、ヘッド全体の小型化を図ることができる。また、たとえば圧電素子の材料として用いられる鉛のような有害物質を含まない。

#### 【0069】

#### 3.1.インクジェットプリンタ

次に、上述のインクジェット式記録ヘッド50を備えたインクジェットプリンタについて説明する。図14は、本発明のインクジェットプリンタ600を、紙等に印刷する一般的なプリンターに適用した場合の一実施形態を示す概略構成図である。なお、以下の説明では、図14中の上側を「上部」、下側を「下部」と言う。

30

#### 【0070】

インクジェットプリンタ600は、装置本体620を備えており、上部後方に記録用紙Pを設置するトレイ621を有し、下部前方に記録用紙Pを排出する排出口622を有し、上部面に操作パネル670を有する。

#### 【0071】

操作パネル670は、例えば液晶ディスプレイ、有機ELディスプレイ、LEDランプなどで構成されたもので、エラーメッセージなどを表示する表示部(図示せず)と、各種スイッチなどで構成される操作部(図示せず)とを備えている。

40

#### 【0072】

装置本体620の内部には、主に、往復動するヘッドユニット630を備えた印刷装置640と、記録用紙Pを1枚ずつ印刷装置640に送り込む給紙装置650と、印刷装置640および給紙装置650を制御する制御部660とが設けられている。

#### 【0073】

制御部660の制御により、給紙装置650は、記録用紙Pを一枚ずつ間欠送りするようになっている。間欠送りされる記録用紙Pは、ヘッドユニット630の下部近傍を通過する。このとき、ヘッドユニット630が記録用紙Pの送り方向とほぼ直交する方向に往復移動し、記録用紙Pへの印刷を行うようになっている。すなわち、ヘッドユニット630の往復動と、記録用紙Pの間欠送りとが、印刷における主走査および副走査となり、イ

50

ンクジェット方式の印刷が行なわれるようになっている。

【0074】

印刷装置640は、ヘッドユニット630と、ヘッドユニット630の駆動源となるキャリッジモータ641と、キャリッジモータ641の回転を受けて、ヘッドユニット630を往復動させる往復動機構642とを備えている。

【0075】

ヘッドユニット630は、その下部に、上述の多数のノズル511を備えるインクジェット式記録ヘッド50と、このインクジェット式記録ヘッド50にインクを供給するインクカートリッジ631と、インクジェット式記録ヘッド50およびインクカートリッジ631を搭載したキャリッジ632とを有する。

10

【0076】

インクカートリッジ631として、イエロー、シアン、マゼンタ、ブラック(黒)の4色のインクを充填したものをを用いることにより、フルカラー印刷が可能となるが、インクカートリッジの種類や個数は特に限定されるものではなく、5~8色あるいはそれ以上の個数や種類であってもよい。ヘッドユニット630には、各色にそれぞれ対応したインクジェット式記録ヘッド50が設けられることになる。

【0077】

往復動機構642は、その両端がフレーム(図示せず)に支持されたキャリッジガイド軸643と、キャリッジガイド軸643と平行に延在するタイミングベルト644とを有する。キャリッジ632は、キャリッジガイド軸643に往復動自在に支持されるとともに、タイミングベルト644の一部に固定されている。キャリッジモータ641の作動により、プーリを介してタイミングベルト644を正逆走行させると、キャリッジガイド軸643に案内されて、ヘッドユニット630が往復動する。この往復動の際に、インクジェット式記録ヘッド50から適宜インクが吐出され、記録用紙Pへの印刷が行われる。

20

【0078】

給紙装置650は、その駆動源となる給紙モータ651と、給紙モータ651の作動により回転する給紙ローラ652とを有する。給紙ローラ652は、記録用紙Pの送り経路(記録用紙P)を挟んで上下に対向する従動ローラ652aと、駆動ローラ652bとで構成されており、駆動ローラ652bは、給紙モータ651に連結されている。このような構成によって給紙ローラ652は、トレイ621に設置した多数枚の記録用紙Pを、印刷装置6400に向かって1枚ずつ送り込むことができる。なお、トレイ621に代えて、記録用紙Pを収容する給紙カセットを着脱自在に装着し得るような構成とすることもできる。

30

【0079】

制御部660は、例えばパーソナルコンピュータやデジタルカメラなどのホストコンピュータから入力された印刷データに基づいて、印刷装置640や給紙装置650などを制御することにより印刷を行うものである。

【0080】

制御部660には、いずれも図示しないものの、主に各部を制御する制御プログラムなどを記憶するメモリ、アクチュエータ1を駆動してインクの吐出タイミングを制御する駆動回路、印刷装置640(キャリッジモータ641)を駆動する駆動回路、給紙装置650(給紙モータ651)を駆動する駆動回路、およびホストコンピュータからの印刷データを入力する通信回路と、これらに電氣的に接続され、各部での各種制御を行うCPUとが備えられている。

40

【0081】

CPUには、例えば、インクカートリッジ631のインク残量、ヘッドユニット630の位置、温度、湿度などの印刷環境などを検出可能な各種センサが、それぞれ電氣的に接続されている。制御部660は、通信回路を介して印刷データを入力してメモリに格納する。CPUは、この印刷データを処理し、この処理データおよび各種センサからの入力データに基づき、各駆動回路に駆動信号を出力する。この駆動信号によりインクジェット式

50

記録ヘッド50、印刷装置640および給紙装置650は、それぞれ作動する。これにより、記録用紙Pに所望の印刷がなされる。

【0082】

3.2. 作用および効果

本実施の形態にかかるインクジェットプリンタ600によれば、前述したように、高性能でノズルの高密度化が可能なインクジェット式記録ヘッド50を備えているので、高密度印刷や高速印刷が可能となる。

【0083】

なお、本発明のインクジェットプリンタ600は、工業的に用いられる液滴吐出装置として用いることもできる。その場合に、吐出するインク（液状材料）としては、各種の機能性材料を溶媒や分散媒によって適当な粘度に調整して使用することができる。

【0084】

4.1. アクチュエータポンプ

次に、本実施の形態に係るアクチュエータポンプについて図面を参照しながら説明する。図15および図16は、図1に示すアクチュエータ1を用いたアクチュエータポンプ20の概略断面図である。図15および図16に示す電歪ポリマー素子22は、図1に示したアクチュエータ1における下部電極5、電歪ポリマー膜6、および上部電極7とからなるものであり、図1に示したアクチュエータ1における酸化シリコン膜3および硬質膜4は、図15および図16において振動板24となっている。また、シリコン基板2（図1参照）は、アクチュエータポンプ20の要部を構成する基体21となっている。アクチュエータポンプ20は、基体21と、電歪ポリマー素子22と、ポンプ室23と、振動板24と、吸入側逆止弁26aと、吐出側逆止弁26bと、吸入口28aと、吐出口28bとを含む。

【0085】

4.2. アクチュエータポンプの動作

次に、上述のアクチュエータポンプの動作について説明する。まず、電歪ポリマー素子22に電圧が供給されると、電歪ポリマー膜6（図1参照）の膜厚方向に電圧が印加される。そして、図15に示すように、電歪ポリマー素子22は、ポンプ室23が広がる方向（図15に示す矢印aの方向）にたわむ。また、電歪ポリマー素子22と共に振動板24もポンプ室23が広がる方向にたわむ。このため、ポンプ室23内の圧力が変化し、逆止弁26a、26bの働きによって流体が吸入口28aからポンプ室23内に流れる（図15に示す矢印bの方向）。

【0086】

次に、電歪ポリマー素子22への電圧の供給を停止すると、電歪ポリマー膜6（図1参照）の膜厚方向への電圧の印加が停止される。そして、図16に示すように、電歪ポリマー素子22は、ポンプ室23が狭まる方向（図16に示す矢印aの方向）にたわむ。また、電歪ポリマー素子22と共に振動板24もポンプ室23が狭まる方向にたわむ。このため、ポンプ室23内の圧力が変化し、逆止弁26a、26bの働きによって流体が吐出口28bから外部に吐出される（図16に示す矢印bの方向）。

【0087】

アクチュエータポンプ20の駆動電圧は、例えば100V（AC）程度とすることができる。また、アクチュエータポンプ20の駆動周波数は、例えば、数十Hz～数十kHz程度とすることができる。

【0088】

アクチュエータポンプ20は、電子機器、例えばパソコン用、好ましくはノートパソコン用の水冷モジュールとして用いることができる。水冷モジュールは、冷却液の駆動に上述のアクチュエータポンプ20を用い、アクチュエータポンプ20と循環水路等とを含む構造を有する。

【0089】

4.3. 作用および効果

10

20

30

40

50

本実施の形態に係るアクチュエータポンプ20によれば、前述したように、電歪ポリマーを用いて形成されているため、変位量が大きい。よって、流体の吸入・吐出を効率的に行うことができる。したがって、本実施の形態に係るアクチュエータポンプ20によれば、大きな吐出圧および吐出量を有することができる。また、アクチュエータポンプ20の高速動作が可能となる。さらには、アクチュエータポンプ20の全体の小型化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0090】

【図1】本実施の形態にかかるアクチュエータを示す断面図。

【図2】アクチュエータの製造工程を示す断面図。

10

【図3】アクチュエータの製造工程を示す断面図。

【図4】アクチュエータの製造工程を示す断面図。

【図5】アクチュエータの製造工程を示す断面図。

【図6】インクジェット式記録ヘッドの概略構成図。

【図7】インクジェット式記録ヘッドの分解斜視図。

【図8】キャピティの平面図。

【図9】電歪ポリマー素子の平面図。

【図10】インクジェット式記録ヘッドの動作を説明するための図。

【図11】インクジェット式記録ヘッドの動作を説明するための図。

【図12】インクジェット式記録ヘッドの製造工程を示す図。

20

【図13】インクジェット式記録ヘッドの製造工程を示す図。

【図14】実施の形態にかかるインクジェットプリンタの概略構成図。

【図15】図1に示すアクチュエータを用いたアクチュエータポンプの概略断面図。

【図16】図1に示すアクチュエータを用いたアクチュエータポンプの概略断面図。

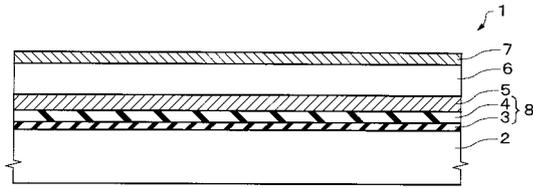
【符号の説明】

【0091】

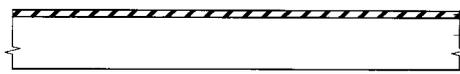
1 アクチュエータ、2 シリコン基板、3 酸化シリコン膜、4 硬質膜、5 下部電極、6 電歪ポリマー膜、7 上部電極、20 アクチュエータポンプ、21 基体、22 電歪ポリマー素子、23 ポンプ室、24 振動板、50 インクジェット式記録ヘッド、51 ノズル板、52 インク室基板、54 電歪ポリマー素子、55 弾性板、56 基体、511 ノズル、521 キャピティ、522 側壁、523 リザーバ、524 供給口、531 連通孔、600 インクジェットプリンタ、620 装置本体、621 トレイ、622 排出口、630 ヘッドユニット、631 インクカートリッジ、632 キャリッジ、640 印刷装置、641 キャリッジモータ、642 往復動機構、643 キャリッジガイド軸、644 タイミングベルト、650 給紙装置、651 給紙モータ、652 給紙ローラ、660 制御部、670 操作パネル

30

【図 1】



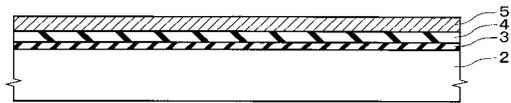
【図 2】



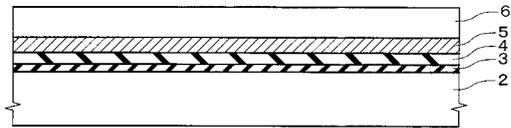
【図 3】



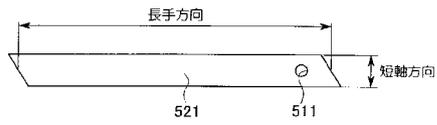
【図 4】



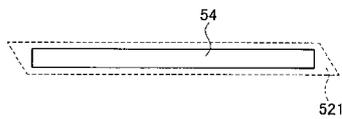
【図 5】



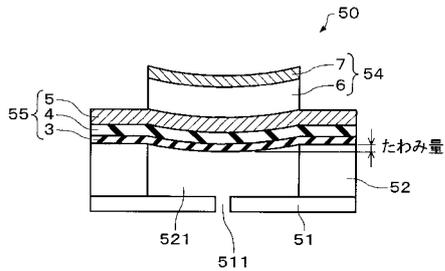
【図 8】



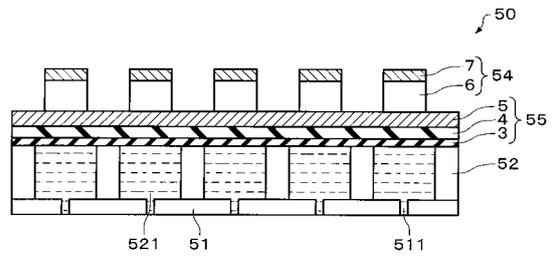
【図 9】



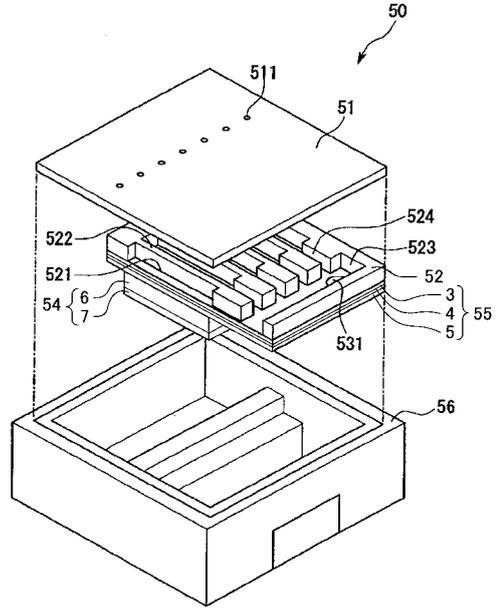
【図 10】



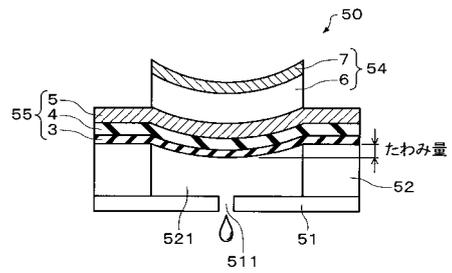
【図 6】



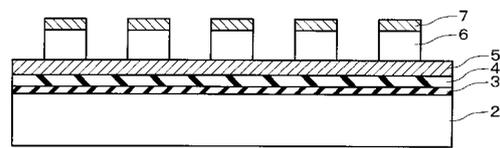
【図 7】



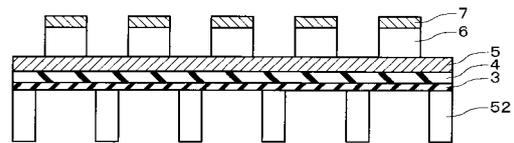
【図 11】



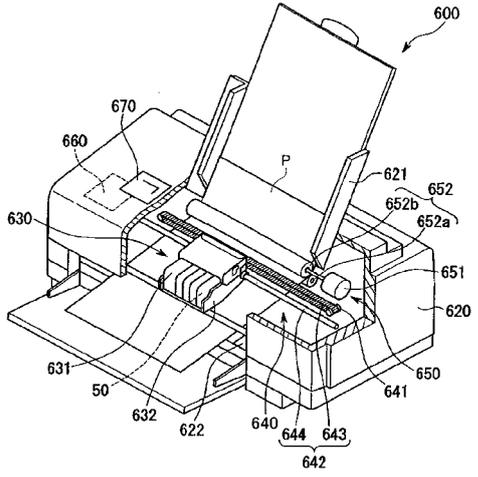
【図 12】



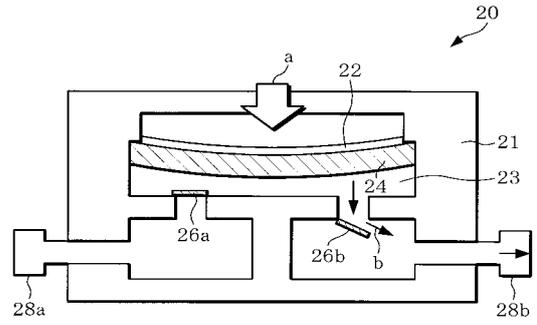
【図 13】



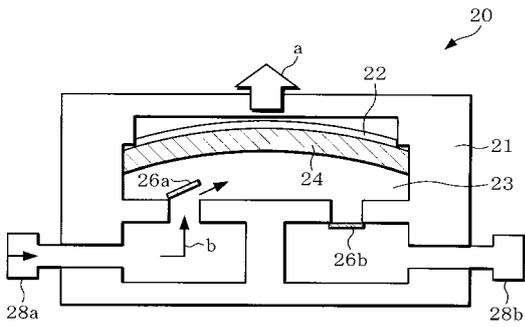
【 図 1 4 】



【 図 1 6 】



【 図 1 5 】



## フロントページの続き

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード(参考)
<b>B 4 1 J</b>	<b>2/16</b>	<b>(2006.01)</b>	H 0 1 L 41/08	J
<b>H 0 1 L</b>	<b>41/09</b>	<b>(2006.01)</b>	H 0 1 L 41/08	H
<b>H 0 1 L</b>	<b>41/08</b>	<b>(2006.01)</b>		

Fターム(参考) 2C057 AF03 AF93 AG12 AG44 AG55 AN01 AP14 AP52 AP53 AP54  
AP56 AP57 AQ02 BA04 BA14  
3H077 AA06 CC01 CC09 DD06 EE02 EE36 FF08 FF12 FF36