

(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2010-18018

(P2010-18018A)

(43) 公開日 平成22年1月28日(2010.1.28)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
B 4 1 J 2/045 (2006.01)	B 4 1 J 3/04 1 0 3 A	2 C 0 5 7
B 4 1 J 2/055 (2006.01)	H 0 2 N 1/00	
H 0 2 N 1/00 (2006.01)		

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2008-269550 (P2008-269550)	(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20年10月20日(2008.10.20)	(74) 代理人	100085198 弁理士 小林 久夫
(31) 優先権主張番号	特願2008-154973 (P2008-154973)	(74) 代理人	100098604 弁理士 安島 清
(32) 優先日	平成20年6月13日(2008.6.13)	(74) 代理人	100061273 弁理士 佐々木 宗治
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(74) 代理人	100070563 弁理士 大村 昇
		(74) 代理人	100087620 弁理士 高梨 範夫

最終頁に続く

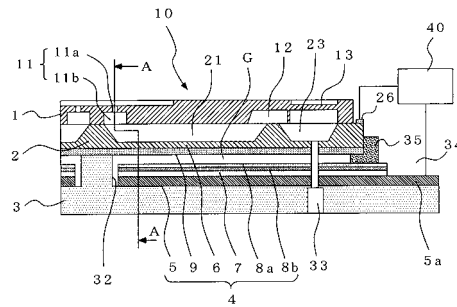
(54) 【発明の名称】 静電アクチュエータ、液滴吐出ヘッド及びそれらの製造方法並びに液滴吐出装置

(57) 【要約】

【課題】 振動板の貼り付きを防止し、また当接面側の絶縁膜あるいはDLC膜の異物化を防止するとともに、駆動耐久性に優れ、高電圧駆動が可能な静電アクチュエータ、液滴吐出ヘッド及びそれらの製造方法並びに液滴吐出装置を提供する。

【解決手段】 基板上に形成された個別電極5と、この個別電極5に対して所定のギャップを介して対向配置された振動板6と、個別電極5と振動板6との間に静電気力を発生させて、振動板6に変位を生じさせる駆動制御回路40とを備えた静電アクチュエータにおいて、振動板6または個別電極5上に酸化物系絶縁膜が形成され、この酸化物系絶縁膜の上に、さらに体積抵抗率が異なる、複数の水素化アモルファスカーボン膜を重ねて形成する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上に形成された固定電極と、この固定電極に対して所定のギャップを介して対向配置された可動電極と、前記固定電極と前記可動電極との間に静電気力を発生させて、前記可動電極に変位を生じさせる駆動手段とを備えた静電アクチュエータにおいて、

前記可動電極または前記固定電極上に酸化物系絶縁膜が形成され、この酸化物系絶縁膜の上に、さらに体積抵抗率が異なる、複数の水素化アモルファスカーボン膜が重ねて形成されていることを特徴とする静電アクチュエータ。

【請求項 2】

基板上に形成された固定電極と、この固定電極に対して所定のギャップを介して対向配置された可動電極と、前記固定電極と前記可動電極との間に静電気力を発生させて、前記可動電極に変位を生じさせる駆動手段とを備えた静電アクチュエータにおいて、

前記可動電極または前記固定電極上に酸化物系絶縁膜が形成され、この酸化物系絶縁膜の上に、さらに膜中水素量が異なる、複数の水素化アモルファスカーボン膜が重ねて形成されていることを特徴とする静電アクチュエータ。

【請求項 3】

前記酸化物系絶縁膜は、前記可動電極および前記固定電極の両方に形成されていることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の静電アクチュエータ。

【請求項 4】

前記酸化物系絶縁膜は、シリコン酸化膜であることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の静電アクチュエータ。

【請求項 5】

前記複数の水素化アモルファスカーボン膜のうち、前記可動電極と前記固定電極とが当接する当接面側に形成される第 1 の水素化アモルファスカーボン膜は、体積抵抗率が最も高いことを特徴とする請求項 1、3、4 のいずれかに記載の静電アクチュエータ。

【請求項 6】

前記複数の水素化アモルファスカーボン膜のうち、前記可動電極と前記固定電極とが当接する当接面側に形成される第 1 の水素化アモルファスカーボン膜は、膜中水素量が最も高いことを特徴とする請求項 2 乃至 4 のいずれかに記載の静電アクチュエータ。

【請求項 7】

前記第 1 の水素化アモルファスカーボン膜は、前記酸化物系絶縁膜側に形成される第 2 の水素化アモルファスカーボン膜に比べて、摩擦係数および硬さが低いことを特徴とする請求項 5 または 6 記載の静電アクチュエータ。

【請求項 8】

基板上に形成された固定電極と、この固定電極に対して所定のギャップを介して対向配置された可動電極と、前記固定電極と前記可動電極との間に静電気力を発生させて、前記可動電極に変位を生じさせる駆動手段とを備えた静電アクチュエータの製造方法において、

前記可動電極と前記固定電極の一方または両方の電極上に酸化物系絶縁膜を形成する工程と、

前記酸化物系絶縁膜の上に、複数の水素化アモルファスカーボン膜を重ねて形成する工程と、を有し、

前記水素化アモルファスカーボン膜の成膜中に、成膜条件を変更することにより、体積抵抗率、膜中水素量等の膜特性が異なる、複数の水素化アモルファスカーボン膜を形成することを特徴とする静電アクチュエータの製造方法。

【請求項 9】

前記成膜条件の変更は、原料ガス流量、希釈ガス流量、RF 出力、成膜時の基板温度のうち 1 つ以上のパラメータを変更することを特徴とする請求項 8 記載の静電アクチュエータの製造方法。

【請求項 10】

前記請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の静電アクチュエータの製造方法。

10

20

30

40

50

当界面側の最表面となる水素化アモルファスカーボン膜の成膜時の基板温度は300以下とすることを特徴とする請求項8または9記載の静電アクチュエータの製造方法。

【請求項11】

請求項1乃至7のいずれかに記載の静電アクチュエータを搭載したことを特徴とする液滴吐出ヘッド。

【請求項12】

請求項8乃至10のいずれかに記載の静電アクチュエータの製造方法を適用して液滴吐出ヘッドを製造することを特徴とする液滴吐出ヘッドの製造方法。

【請求項13】

請求項11記載の液滴吐出ヘッドを搭載したことを特徴とする液滴吐出装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、静電駆動方式の静電アクチュエータ、液滴吐出ヘッド及びそれらの製造方法並びに液滴吐出装置に関する。

【背景技術】

【0002】

ノズル孔から液滴を吐出する液滴吐出ヘッドには、アクチュエータの駆動方式として、静電気力を利用したものがある。以下、この駆動方式によるアクチュエータを「静電アクチュエータ」と称するものとする。

20

例えば、液滴吐出ヘッドの代表例であるインクジェットヘッドの静電アクチュエータは、一般に、ガラス等の基板の上に形成された個別電極（固定電極）と、この個別電極に所定のギャップ（空隙）を介して対向配置されたシリコン製の振動板（可動電極）と、振動板と個別電極との間に静電気力を発生させて、振動板に変位を生じさせる駆動手段とを備えている。そして、インク流路中に形成された振動板を静電気力で振動させることにより、インク滴をノズル孔より記録紙に向けて吐出・着弾させて印字等が行われる。

【0003】

近年、インクジェットヘッドに対して、印字、画質等の高品位化、高精細化の要求が強まり、そのため、ノズル径はますます微小化の傾向にあり、それに伴い静電アクチュエータも微小化している。従って、このような微小径のノズル孔を有するインクジェットヘッドでは、インク滴の吐出を可能にするために、静電アクチュエータの駆動電圧を高くする必要があり、その一方、振動板は個別電極と当接、離脱を繰り返すため、静電アクチュエータの駆動耐久性の向上およびアクチュエータ発生圧力の向上などが要求される。本出願人は、これらの要求に応えるべく、振動板と個別電極の一方または両方の当界面側にダイヤモンドライクカーボン膜（DLC膜）を形成した静電アクチュエータを提案している（例えば、特許文献1参照）。

30

また、DLC膜の応力特性に着目し、駆動能力の高い静電アクチュエータを実現するための手段として、圧縮応力膜上にDLC膜等の引張り応力膜を形成した静電アクチュエータが提案されている（例えば、特許文献2参照）。

【0004】

40

【特許文献1】特開2008-18706号公報

【特許文献2】特開2008-99364号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

DLC膜は、一般的に優れた潤滑特性を有するものの、膜応力が大きく、下地膜との密着性に課題があるため、摺動部材としてDLC膜を使用する場合には、下地膜との密着性確保の観点から、膜応力は小さいほうが望ましい。そのため、上記特許文献1に示す静電アクチュエータでは、DLC膜の下地膜としてシリコン酸化膜が用いられている。しかしながら、DLC膜には以下に示すような課題があることがわかった。

50

【0006】

静電アクチュエータにDLC膜を適用する場合の課題として、静電アクチュエータは静電気力により当接、離脱を行うため、当接、離脱により静電アクチュエータが帯電し、特に駆動電圧が高くなるとこの現象が現れ、振動板の貼り付きが発生して駆動不能に陥ることがあった。振動板の貼り付きとは、ここでは主に振動板および個別電極に発生した残留電荷により、駆動電圧を解除しても、振動板が個別電極に貼り付いたまま離れないこと（現象）をいう。

例えば、一方の電極の当接面にシリコン酸化膜を、他方の電極の当接面側にシリコン酸化膜とその上に水素化アモルファスカーボン膜（DLC膜の一種）を形成した静電アクチュエータにおいて、駆動電圧を従来の30～40Vよりも高い、例えば70Vに上げると、振動板の貼り付きが発生した。

10

【0007】

上記現象は水素化アモルファスカーボン膜の帯電により発生していると考えられ、当接面の絶縁膜物性、具体的には当接面絶縁膜の体積抵抗率と相関が見られる。本発明者らの検討によれば、体積抵抗率の高いDLC膜を当接面に形成した場合、体積抵抗率の増加に応じて、高電圧駆動で振動板の貼り付きが発生しにくいことがわかった。ここで、絶縁膜の体積抵抗率とは、単位体積当たりの電気抵抗値をいい、導体の場合の電気抵抗率と同様の概念である。

【0008】

水素化アモルファスカーボン膜の体積抵抗率を上げる方法として、炭素の結合状態をsp³結合の多い膜とする方法がある。

20

しかしながら、sp³結合成分が多いと摩擦係数が高くなる傾向があり、DLC膜の潤滑性が低下し、振動板側のSiO₂膜が異物化（SiO₂膜の一部が剥がれて異物となる現象）して、インク吐出特性が耐久的に低下するという別の課題が生じた。

【0009】

体積抵抗率を上げる別の方法として、膜中水素量を多くする方法がある。すなわち、DLC膜の成膜時のRF出力を下げて、原料ガスの分解を抑えた状態でDLC膜を成膜する方法であり、この場合、電気的な欠陥が少なく、膜中水素量の多い膜が得られる。ここで、DLC膜の膜中水素量とは、簡単に言えばDLC膜中の水素含有量をいい、正確には分子式をC_xH_yとすると、y/(x+y)の原子数の比であらわされる。膜中水素量の分析方法にはERDA（Elastic Recoil Detection Analysis：弾性反跳粒子検出法）などが用いられる。

30

【0010】

しかしながら、この方法は原料ガスからDLC膜への炭素原子の再結合が発生しにくく、DLC膜の硬さが軟らかくなるため、静電アクチュエータの動作回数が増加すると、膜表面にDLCに起因する異物が発生しやすくなり、インク吐出特性が耐久的に低下するという課題があった。

【0011】

そこで、下地酸化膜側の水素化アモルファスカーボン膜を高硬度の組成とし、当接面側の水素化アモルファスカーボン膜を高体積抵抗率で、かつ低摩擦係数であるが相対的に軟らかい組成にすることで、振動板の当接力を下地酸化膜側の水素化アモルファスカーボン膜に分散させ、DLC膜の異物化を防止し、さらに当接面側が高体積抵抗率の水素化アモルファスカーボン膜であるため、振動板の貼り付きを防止でき、また当接面側が低摩擦係数の水素化アモルファスカーボン膜であるため、対向面側の絶縁膜の異物化を防止できることを見出し、本発明に至ったものである。

40

【0012】

本発明は、上記の知見に基づいてなされたものであり、振動板の貼り付きを防止し、また当接面側の絶縁膜あるいはDLC膜の異物化を防止するとともに、駆動耐久性に優れ、高電圧駆動が可能な静電アクチュエータ、液滴吐出ヘッド及びそれらの製造方法並びに液滴吐出装置を提供することを目的とする。

50

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明に係る静電アクチュエータは、基板上に形成された固定電極と、この固定電極に対して所定のギャップを介して対向配置された可動電極と、固定電極と可動電極との間に静電気力を発生させて、可動電極に変位を生じさせる駆動手段とを備えた静電アクチュエータにおいて、可動電極または固定電極上に酸化物系絶縁膜が形成され、この酸化物系絶縁膜の上に、さらに体積抵抗率が異なる、複数の水素化アモルファスカーボン膜が重ねて形成されているものである。

【0014】

この構成によれば、要求特性に応じて最適なDLC膜の体積抵抗率を選択することが可能となるので、単一の体積抵抗率を有するDLC膜では得られない特性を実現することができる。

10

【0015】

本発明に係る静電アクチュエータは、基板上に形成された固定電極と、この固定電極に対して所定のギャップを介して対向配置された可動電極と、固定電極と可動電極との間に静電気力を発生させて、可動電極に変位を生じさせる駆動手段とを備えた静電アクチュエータにおいて、可動電極または固定電極上に酸化物系絶縁膜が形成され、この酸化物系絶縁膜の上に、さらに膜中水素量が異なる、複数の水素化アモルファスカーボン膜が重ねて形成されているものである。

【0016】

この構成によれば、要求特性に応じて最適なDLC膜の膜中水素量を選択することが可能となるので、単一の膜中水素量を有するDLC膜では得られない特性を実現することができる。

20

【0017】

また、本発明の静電アクチュエータにおいて、酸化物系絶縁膜は、可動電極および固定電極の両方に形成してもよい。また、水素化アモルファスカーボン膜との密着性確保の点から、酸化物系絶縁膜は、シリコン酸化膜が望ましい。

【0018】

また、複数の水素化アモルファスカーボン膜のうち、可動電極と固定電極とが当接する当接面側に形成される第1の水素化アモルファスカーボン膜は、体積抵抗率が最も高いものとする。

30

これによって、可動電極の貼り付き防止が可能となる。従って、駆動耐久性に優れた、高電圧駆動が可能な静電アクチュエータを実現することができる。

【0019】

また、複数の水素化アモルファスカーボン膜のうち、可動電極と固定電極とが当接する当接面側に形成される第1の水素化アモルファスカーボン膜は、膜中水素量が最も高いものとする。

これによって、可動電極の貼り付き防止および、対向する絶縁膜の異物発生の防止が可能となる。従って、駆動耐久性に優れた、高電圧駆動が可能な静電アクチュエータを実現することができる。

40

【0020】

また、第1の水素化アモルファスカーボン膜は、酸化物系絶縁膜側に形成される第2の水素化アモルファスカーボン膜に比べて、摩擦係数および硬さが低いものとする。

当接面側の第1の水素化アモルファスカーボン膜の摩擦係数および硬さを相対的に低く抑えることで、対向する絶縁膜の異物発生の防止が可能となり、またDLC膜の異物化も抑制できる。

【0021】

本発明に係る静電アクチュエータの製造方法は、基板上に形成された固定電極と、この固定電極に対して所定のギャップを介して対向配置された可動電極と、固定電極と可動電極との間に静電気力を発生させて、可動電極に変位を生じさせる駆動手段とを備えた静電

50

アクチュエータの製造方法において、可動電極と固定電極の一方または両方の電極上に酸化物系絶縁膜を形成する工程と、酸化物系絶縁膜の上に、複数の水素化アモルファスカーボン膜を重ねて形成する工程と、を有し、水素化アモルファスカーボン膜の成膜中に、成膜条件を変更することにより、体積抵抗率、膜中水素量等の膜特性が異なる、複数の水素化アモルファスカーボン膜を形成するものである。

【0022】

本発明の静電アクチュエータの製造方法では、水素化アモルファスカーボン膜の成膜中に、成膜条件を変更するだけで、体積抵抗率、膜中水素量等の膜特性が異なる、複数の水素化アモルファスカーボン膜を形成できるため、別途膜特性の異なる水素化アモルファスカーボン膜を追加して形成する場合に比べて、より簡単なプロセスで形成することができ、製造コストを低減することができる。この場合、成膜条件の変更は、原料ガス流量、希釈ガス流量、RF出力、成膜中の基板温度のうち1つ以上のパラメータを変更すればよい。

10

【0023】

また、当接面側の最表面となる水素化アモルファスカーボン膜の成膜時の基板温度は300以下とすることが望ましい。

水素化アモルファスカーボン膜は一般的に350程度で膜中の炭素結合状態等の組成が変化し、高温側ではプラズマ雰囲気中で生成した炭素の結合状態から、より熱力学的に安定な状態、具体的には炭素-水素結合が離脱し、炭素-炭素単結合化し、その結果摩擦係数が上昇する傾向にある。当接面側は摺動特性確保のため低い摩擦係数を実現したいため、成膜条件としては炭素結合状態の変化が発生しない温度である基板温度300以下で成膜することが望ましい。一方、膜の硬さを求める場合は基板温度400以上で成膜することが望ましい。

20

従って、本発明の静電アクチュエータの製造方法においては、基材側を基板温度400程度、当接面側を基板温度300程度で、また当接面側の最表面となる水素化アモルファスカーボン膜は基板温度300以下で成膜することが望ましい。

また、目的によってはRF出力、原料ガス流量等の複数のパラメータを組み合わせ、最適な条件で成膜を行うことももちろん可能である。

【0024】

本発明に係る液滴吐出ヘッドは、上記のいずれかの静電アクチュエータを搭載したものである。

30

これにより、長期駆動耐久性を有し、高電圧駆動が可能な液滴吐出ヘッドを実現できる。

【0025】

本発明に係る液滴吐出ヘッドの製造方法は、上記の静電アクチュエータの製造方法を適用して液滴吐出ヘッドを製造するものである。

これにより、長期駆動耐久性を有し、高電圧駆動が可能な液滴吐出ヘッドを低コストで製造することができる。

【0026】

本発明に係る液滴吐出装置は、上記の液滴吐出ヘッドを搭載したものである。これにより、長期駆動耐久性を有し、高電圧駆動が可能な液滴吐出装置を安価に提供することができる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

以下、本発明を適用した静電アクチュエータを備える液滴吐出ヘッドの実施の形態について図面を参照して説明する。ここでは、液滴吐出ヘッドの一例として、ノズル基板の表面に設けられたノズル孔からインク滴を吐出するフェイス吐出型の静電駆動方式のインクジェットヘッドについて図1から図4を参照して説明する。なお、本発明は、以下の図に示す構造、形状に限定されるものではなく、吐出室とリザーバ部が別々の基板に設けられた4枚の基板を積層した4層構造のものや、基板の端部に設けられたノズル孔からインク

50

滴を吐出するエッジ吐出型の液滴吐出ヘッドにも同様に適用することができるものである。

【0028】

実施の形態1.

図1は本発明の実施の形態1に係るインクジェットヘッドの概略構成を分解して示す分解斜視図であり、一部を断面で表してある。図2は組立状態における図1の略右半分の概略構成を示すインクジェットヘッドの断面図、図3は図2のインクジェットヘッドの上面図、図4は図2のA-A拡大断面図である。なお、図1および図2では、通常使用される状態とは上下逆に示されている。

【0029】

本実施の形態1に係るインクジェットヘッド10は、図1から図4に示すように、複数のノズル孔11が所定のピッチで設けられたノズル基板1と、各ノズル孔11に対して独立にインク供給路が設けられたキャピティ基板2と、キャピティ基板2に設けられた振動板6に対峙して個別電極5が配設された電極基板3とを貼り合わせることにより構成されている。

【0030】

インクジェットヘッド10のノズル孔11ごとに設けられる静電アクチュエータ4は、図2、図4に示すように、固定電極として、ガラス製の電極基板3の凹部32内に形成された個別電極5と、可動電極として、シリコン製のキャピティ基板2の吐出室21の底壁で構成され、個別電極5に所定のギャップ(空隙)Gを介して対向配置される振動板6とを備えている。

【0031】

ここで、個別電極5上には、酸化物系絶縁膜7として、例えばシリコン酸化膜(SiO₂膜)が形成される。さらに、この絶縁膜7上には、体積抵抗率が異なる、少なくとも2つの第1の水素化アモルファスカーボン膜(以下、第1のa-c:H膜と記す)8aと第2の水素化アモルファスカーボン膜(以下、第2のa-c:H膜と記す)8bとが重ねて(積層状態で)形成されている。ここで、第2のa-c:H膜8bは、下地酸化膜(SiO₂膜)側に形成され、第1のa-c:H膜8aは、第2のa-c:H膜8bの上、すなわち振動板6と個別電極5とが当接する当接面側に形成される。ここでは、第1のa-c:H膜8aは当接面側の最表面となるDLC膜である。

【0032】

当接面側の第1のa-c:H膜8aは、表1に示すように、下地酸化膜側の第2のa-c:H膜8bに比べて、体積抵抗率が最も大きく、また膜中水素量が最も多くなっている。さらに、摩擦係数および硬さについても、第1のa-c:H膜8aのほうが、第2のa-c:H膜8bよりも摩擦係数および硬さが低くなっている。なお、膜中水素量の分析方法には、ERDA(Elastic Recoil Detection Analysis:弾性反跳粒子検出法)が用いられる。

【0033】

【表1】

RFパワーと物性との関係(装置、原料ガスは同じ)

成膜条件	低RF出力 (第1のa-c:H膜)	高RF出力 (第2のa-c:H膜)
膜中水素量	多い	少ない
sp ³ 結合量	少ない	多い
体積抵抗率	高抵抗	低抵抗
摩擦係数	低摩擦係数	高摩擦係数
硬さ	低硬度	高硬度

【0034】

振動板6の当接面側、すなわちキャピティ基板2の電極基板3と接合する側の接合面全面には、静電アクチュエータ4の絶縁破壊や短絡等を防ぐために、例えばシリコンの熱酸

10

20

30

40

50

化膜からなる絶縁膜 9 が形成されている。

【 0 0 3 5 】

個別電極 5 は、一般に透明電極である I T O (Indium Tin Oxide) により形成されるが、特にこれに限定されるものではない。I Z O (Indium Zinc Oxide) の透明電極、あるいは A u、A l 等の金属等でもかまわない。

この個別電極 5 の端子部 5 a とキャビティ基板 2 上に設けられた共通電極 2 6 とに、図 4 に簡略化して示すように、静電アクチュエータ 4 の駆動手段として、ドライバ I C などの駆動制御回路 4 0 が F P C を介して配線接続される。

【 0 0 3 6 】

ノズル基板 1 は、例えばシリコン基板から作製されている。インク滴を吐出するためのノズル孔 1 1 は、例えば径の異なる 2 段の同軸円筒状に形成されたノズル孔部分、すなわち径の小さい噴射口部分 1 1 a とこれよりも径の大きい導入口部分 1 1 b とから構成されている。噴射口部分 1 1 a および導入口部分 1 1 b は基板面に対して垂直にかつ同軸上に設けられており、噴射口部分 1 1 a は先端がノズル基板 1 の表面 (インク吐出面) に開口し、導入口部分 1 1 b はノズル基板 1 の裏面 (キャビティ基板 2 との接合面側) に開口している。

また、ノズル基板 1 には、キャビティ基板 2 の吐出室 2 1 とリザーバ 2 3 とを連通するオリフィス 1 2 とリザーバ 2 3 部の圧力変動を補償するためのダイヤフラム部 1 3 が形成されている。

【 0 0 3 7 】

ノズル孔 1 1 を噴射口部分 1 1 a とこれよりも径の大きい導入口部分 1 1 b とから 2 段に構成することにより、インク滴の吐出方向をノズル孔 1 1 の中心軸方向に揃えることができ、安定したインク吐出特性を発揮させることができる。すなわち、インク滴の飛翔方向のバラツキがなくなり、またインク滴の飛び散りがなく、インク滴の吐出量のバラツキを抑制することができる。また、ノズル密度を高密度化することが可能である。

【 0 0 3 8 】

電極基板 3 に接合されるキャビティ基板 2 は、例えば面方位が (1 1 0) の単結晶シリコン基板から作製されている。キャビティ基板 2 には、インク流路に設けられる吐出室 2 1 となる凹部 2 2、およびリザーバ 2 3 となる凹部 2 4 がエッチングにより形成されている。凹部 2 2 はノズル孔 1 1 に対応する位置に独立に複数形成される。したがって、図 2 に示すようにノズル基板 1 とキャビティ基板 2 を接合した際、各凹部 2 2 は吐出室 2 1 を構成し、それぞれノズル孔 1 1 に連通しており、またインク供給口であるオリフィス 1 2 ともそれぞれ連通している。そして、吐出室 2 1 (凹部 2 2) の底部が振動板 6 となっている。また、この振動板 6 は、シリコン基板の表面に高濃度のボロン (B) を拡散させたボロン拡散層により形成されており、ボロン拡散層の厚さを振動板 6 の厚さと同じにするものである。これは、アルカリによる異方性ウェットエッチングにより、吐出室 2 1 を形成する際に、ボロン拡散層が露出した時点でエッチングレートが極端に小さくなるため、いわゆるエッチングストップ技術により振動板 6 を所望の厚さに精度よく形成することができるからである。

【 0 0 3 9 】

凹部 2 4 は、インク等の液状材料を貯留するためのものであり、各吐出室 2 1 に共通のリザーバ (共通インク室) 2 3 を構成する。そして、リザーバ 2 3 (凹部 2 4) はそれぞれオリフィス 1 2 を介して全ての吐出室 2 1 に連通している。また、リザーバ 2 3 の底部には電極基板 3 を貫通する孔が設けられ、この孔のインク供給孔 3 3 を通じて図示しないインクカートリッジからインクが供給されるようになっている。

【 0 0 4 0 】

電極基板 3 は、ガラス基板から作製される。中でも、キャビティ基板 2 のシリコン基板と熱膨張係数の近いホウ珪酸系の耐熱硬質ガラスを用いるのが適している。これは、電極基板 3 とキャビティ基板 2 を陽極接合する際、両基板の熱膨張係数が近いため、電極基板 3 とキャビティ基板 2 との間に生じる応力を低減することができ、その結果剥離等の問題

10

20

30

40

50

を生じることなく電極基板 3 とキャピティ基板 2 を強固に接合することができるからである。

【0041】

以上のように作製された電極基板 3 とキャピティ基板 2 とを陽極接合し、その上にノズル基板 1 を接着接合することにより、図 2 に示すようにインクジェットヘッド 10 の本体部が完成する。その後、FPC を用いて駆動制御回路 40 を各個別電極 5 と共通電極 26 とに配線接続する。さらに、電極取り出し部 (FRP 実装部ともいう) 34 における静電アクチュエータ 4 の外部連通部にエポキシ系樹脂等の封止材 35 を塗布するなどして気密に封止する。これにより、湿気や異物等が静電アクチュエータ 4 のギャップ内へ侵入するのを確実に防止することができ、インクジェットヘッド 10 の信頼性が向上する。

10

【0042】

ここで、インクジェットヘッド 10 の動作について説明する。任意のノズル孔 11 よりインク滴を吐出させるためには、そのノズル孔 11 に対応する静電アクチュエータ 4 を以下のように駆動する。

駆動制御回路 40 により当該個別電極 5 と共通電極である振動板 6 間にパルス電圧を印加する。パルス電圧の印加によって発生する静電気力により振動板 6 が個別電極 5 側に引き寄せられて当接し、吐出室 21 内に負圧を発生させ、リザーバ 23 内のインクを吸引し、インクの振動 (メニスカス振動) を発生させる。このインクの振動が略最大となった時点で、電圧を解除すると、振動板 6 は個別電極 5 から離脱して、その時の振動板 6 の復元力によりインクを当該ノズル孔 11 から押し出し、インク滴を吐出する。

20

【0043】

本実施の形態の静電アクチュエータ 4 は、個別電極 5 上に、下地酸化膜系絶縁膜 7 としてシリコン酸化膜が形成され、さらにその上に体積抵抗率が異なる、少なくとも 2 つの第 1 の a - c : H 膜 8 a と第 2 の a - c : H 膜 8 b とが、第 1 の a - c : H 膜 8 a を当接面側とし、第 2 の a - c : H 膜 8 b を下地酸化膜側として、重ねて (積層状態で) 形成されている。さらに、当接面側の第 1 の a - c : H 膜 8 a は最も高い体積抵抗率を有する DLC 膜となっているため、高電圧駆動をしても帯電は生じにくい。よって、振動板 6 の貼り付きを防止でき、高電圧駆動が可能となる。

また、当接面側の第 1 の a - c : H 膜 8 a は、下地酸化膜側の第 2 の a - c : H 膜 8 b よりも膜中水素量が多いため、摩擦係数が低く、かつ相対的に軟らかい (低硬度) DLC 膜となっているため、振動板 6 の当接力を下地酸化膜側の第 2 の a - c : H 膜 8 b に分散させることができ、そのため当接面側の DLC 膜の異物化を防止することができる。

30

さらに、当接面側の第 1 の a - c : H 膜 8 a は、低摩擦係数の DLC 膜であるため、これに対向する振動板 6 側の絶縁膜 9 の異物化を防止することができる。

よって、本実施の形態によれば、高電圧駆動が可能で、長期駆動耐久性を有する静電アクチュエータ 4 を実現することができる。

【0044】

なお、本実施の形態では、個別電極 5 上の酸化膜系絶縁膜 7 をシリコン酸化膜としたが、その他には、 Al_2O_3 や HfO_2 等のいわゆる High - k 材を用いても良い。High - k 材は比誘電率が SiO_2 よりも大きいため、アクチュエータ発生圧力を高めることができ、高電圧駆動に資するとともに、更なる高密度化が可能となる。

40

【0045】

実施の形態 2 .

図 5 は本発明の実施の形態 2 に係るインクジェットヘッドの概略断面図、図 6 は図 5 の B - B 拡大断面図である。なお、実施の形態 2 以降において、実施の形態 1 と同じ構成部分については同一符号を付し、その説明は省略する。

本実施の形態 2 は、実施の形態 1 で示した第 1 の a - c : H 膜 8 a と第 2 の a - c : H 膜 8 b とを振動板 6 側に形成したものである。すなわち、振動板 6 の接合面には、酸化膜系絶縁膜 7 として、熱酸化法によりシリコン熱酸化膜を全面成膜する。このシリコン熱酸化膜の上に、実施の形態 1 と同様の組成および膜特性を有する第 1 の a - c : H 膜 8 a と

50

第2のa-c:H膜8bとを、下地酸化膜側を第2のa-c:H膜8b、当接面側を第1のa-c:H膜8aとして、重ねて(積層状態で)形成するものである。但し、DLC膜は陽極接合ができないので、個別電極5に対向する振動板6部分のみに第1および第2のa-c:H膜8a、8bが形成されている。

一方、個別電極5上には、絶縁破壊や短絡等を防ぐために、シリコン酸化膜からなる絶縁膜9が形成されている。

【0046】

本実施の形態2の構成でも、実施の形態1と同様に、振動板6の貼り付きおよび当接面側の絶縁膜9あるいはDLC膜(第1のa-c:H膜8a)の異物化を防止でき、高電圧駆動が可能で長期駆動耐久性を有する静電アクチュエータ4を実現することができる。

また、実施の形態2の場合、実施の形態1に比べて振動板6の剛性を高めることができるので、吐出圧力および吐出速度(印刷速度等)の向上に寄与する。

【0047】

実施の形態3

図7は本発明の実施の形態3に係るインクジェットヘッドの概略断面図、図8は図7のC-C拡大断面図である。

本実施の形態3の静電アクチュエータ4は、実施の形態1と実施の形態2とを組み合わせた構成である。この場合、個別電極5および振動板6の当接面側は共に第1のa-c:H膜8aとなっているので、DLC膜どうしの当接、離脱となるため、当接面側のDLC膜(第1のa-c:H膜8a)の異物化は生じない。

よって、本実施の形態3によれば、DLC膜の体積抵抗率のみの効果が得られる。すなわち、振動板6の貼り付きを防止でき、高電圧駆動が可能で長期駆動耐久性を有する静電アクチュエータ4を実現することができる。

【0048】

(インクジェットヘッドの製造方法)

次に、実施の形態1~3に係るインクジェットヘッド10の製造方法の一例について、図9から図12を参照して説明する。

【0049】

実施の形態1の場合(図9、図10参照)

図9は実施の形態1に係るインクジェットヘッド10の電極基板の製造工程を示す部分断面図であり、ウエハ状のガラス基板に複数個作製されるもののうちの一部分を断面であらわしたものである。図10は実施の形態1に係るインクジェットヘッド10の製造工程の部分断面図で、シリコンウエハのある部分の断面をあらわしたものである。なお、以下に記載する基板の厚み、膜厚、エッチング深さ、温度、圧力等についての数値はその一例を示すもので、これに限定されるものではない。

【0050】

はじめに、実施の形態1に係る電極基板3の製造方法について説明する。

(a) ホウ珪酸ガラス等からなる板厚約1mmのガラス基板300に、例えば金・クロムのエッチングマスクを使用してフッ酸によってエッチングすることにより所望の深さの凹部32を形成する。なお、この凹部32は個別電極5の形状より少し大きめの溝状のものであり、個別電極5ごとに複数形成される。

そして、例えば、スパッタ法によりITO(Indium Tin Oxide)膜を100nmの厚さで形成し、このITO膜をフォトリソグラフィによりパターンニングして個別電極5となる部分以外をエッチング除去して、凹部32の内部に個別電極5を形成する(図9(a))。

【0051】

(b) 次に、個別電極5上の絶縁膜7として、ガラス基板300の接合面側の表面全体に、TEOS(Tetraethoxysilane:テトラエトキシシラン)を原料ガスとして用いたRF-CVD(Chemical Vapor Deposition)法(以下、TEOS-CVD法という)によりSiO₂膜を30nmの厚さで形成する(図9(b))。

10

20

30

40

50

【0052】

(c) 次に、この SiO_2 膜上に、トルエンを原料ガスとして用いた RF - CVD 法により、第 2 の a - c : H 膜 8 b、第 1 の a - c : H 膜 8 a をこの順番で全面成膜する (図 9 (c))。このとき、a - c : H 膜の成膜方法は次のとおりである。

(第 2 の a - c : H 膜 8 b)

RF : 900 W、原料ガス流量 : 10 sccm、窒素ガス流量 : 10 sccm、成膜時間 : 18 秒、膜厚 : 10 nm、体積抵抗率 : 3×10^{10} cm、膜中水素量 : 24 at%

(第 1 の a - c : H 膜 8 a)

RF : 300 W、原料ガス流量 : 30 sccm、成膜時間 : 10 秒、膜厚 : 10 nm、体積抵抗率 : 5×10^{14} cm、膜中水素量 : 35 at%

10

【0053】

このように、a - c : H 膜の成膜中に、RF パワー (高周波出力)、原料ガス流量、希釈ガス流量のうち 1 つ以上のパラメータを変更することにより、体積抵抗率および膜中水素量を異ならせた a - c : H 膜を積層状態に形成することができる。

【0054】

(d) 次に、a - c : H 膜は陽極接合ができないので、個別電極 5 の電極部分のみに第 1 および第 2 の a - c : H 膜 8 a、8 b を残すように、それ以外の第 1 および第 2 の a - c : H 膜 8 a、8 b 部分を O_2 アッシングにより除去する。すなわち、第 1 の a - c : H 膜 8 a に対してレジストを塗布し、フォトリソグラフィによりパターンニングを行う。そして、レジストパターンを形成後、接合部 36 および FPC 実装部 34 (個別電極 5 の端子部 5a) の第 1 および第 2 の a - c : H 膜 8 a、8 b 部分のみを O_2 アッシングにより除去する。ついで、 CHF_3 ガスを用いて RIE (Reactive Ion Etching) ドライエッチングにより、接合部 36 および FPC 実装部 34 (個別電極 5 の端子部 5a) の SiO_2 膜を除去する (図 9 (d))。その後、プラスト加工等によってインク供給孔 33 となる孔部 33a をガラス基板 300 に形成する。

20

【0055】

次に、図 10 を参照して、実施の形態 1 に係るインクジェットヘッド 10 の製造方法について説明する。ここでは、主にキャピティ基板 2 の製造方法を示す。キャピティ基板 2 は上記により作製された電極ガラス基板 300A にシリコン基板 200 を陽極接合してから作製される。

30

【0056】

(a) まず、例えば厚さが $280 \mu\text{m}$ のシリコン基板 200 の片面全面に、例えば厚さが $0.8 \mu\text{m}$ のボロン拡散層 201 を形成したシリコン基板 200 を作製する。次に、そのシリコン基板 200 のボロン拡散層 201 の表面上に、絶縁膜 9 として、熱酸化法により SiO_2 膜を 110nm の厚さで全面成膜する (図 10 (a))。

【0057】

(b) 次に、このシリコン基板 200 を電極ガラス基板 300A 上にアライメントして陽極接合する (図 10 (b))。

(c) ついで、この接合済みシリコン基板 200 の表面全面を研磨加工して、厚さを例えば $50 \mu\text{m}$ 程度に薄くし (図 10 (c))、さらにこのシリコン基板 200 の表面全面をウェットエッチングによりライトエッチングして加工痕を除去する。

40

【0058】

(d) 次に、薄板に加工された接合済みシリコン基板 200 の表面にフォトリソグラフィによってレジストパターンニングを行い、 KOH 水溶液による異方性ウェットエッチングによってインク流路溝を形成する。これによって、底壁を振動板 6 とする吐出室 21 となる凹部 22、リザーバ 23 となる凹部 24 および FPC 実装部 (電極取り出し部) 34 となる凹部 27 が形成される (図 10 (d))。その際、ボロン拡散層 201 の表面でエッチングストップがかかるので、振動板 6 の厚さを高精度に形成できるとともに、表面荒れを防ぐことができる。

50

【 0 0 5 9 】

(e) 次に、 CHF_3 ガスを用いて R I E (Reactive Ion Etching) ドライエッチングで、凹部 2 7 の底部を除去して F P C 実装部 (電極取り出し部) 3 4 を開口する (図 1 0 (e))。その後、静電アクチュエータの内部に付着している水分を除去する。水分除去はこのシリコン基板を例えば真空チャンバ内に入れ、加熱真空引きをすることにより水分を除去する。

(f) そして、所要時間経過後、窒素ガスを導入し窒素雰囲気下でギャップの外部連通部にエポキシ樹脂等の封止材 3 5 を塗布して気密に封止する (図 1 0 (f))。

さらに、マイクロプラスト加工等により凹部 2 4 の底部を貫通させてインク供給孔 3 3 を形成する。さらに、インク流路溝の腐食を防止するため、このシリコン基板の表面にプラズマ C V D 法により T E O S - SiO_2 膜からなるインク保護膜 (図示せず) を形成する。また、シリコン基板上に金属からなる共通電極 2 6 を形成する。

【 0 0 6 0 】

以上の工程を経て電極基板 3 に接合されたシリコン基板 2 0 0 からキャピティ基板 2 が作製される。

(g) その後、このキャピティ基板 2 の表面上に、予めノズル孔 1 1 等が形成されたノズル基板 1 を接着により接合する。そして最後に、ダイシングにより個々のヘッドチップに切断すれば、上述したインクジェットヘッド 1 0 の本体部が完成する (図 1 0 (g))。

【 0 0 6 1 】

本実施の形態 1 に係るインクジェットヘッド 1 0 の製造方法によれば、a - c : H 膜の成膜中に、成膜条件を変更するだけで、体積抵抗率、膜中水素量等の膜特性が異なる、第 1 および第 2 の a - c : H 膜 8 a、8 b を形成できるため、別途膜特性の異なる a - c : H 膜を追加して形成する場合に比べて、より簡単なプロセスで形成することができる。従って、製造コストを低減することができる。

また、キャピティ基板 2 を、予め作製された電極ガラス基板 3 0 0 A に接合した状態のシリコン基板 2 0 0 から作製するので、その電極ガラス基板 3 0 0 A によりシリコン基板 2 0 0 を支持した状態となり、シリコン基板 2 0 0 を薄板化しても割れたり欠けたりすることがなく、ハンドリングが容易となる。従って、キャピティ基板 2 を単独で製造する場合よりも歩留まりが向上する。

【 0 0 6 2 】

実施の形態 2 の場合 (図 1 1、図 1 2 参照)

実施の形態 2 に係るインクジェットヘッド 1 0 の製造方法について、図 1 1、図 1 2 を参照して説明する。但し、電極ガラス基板 3 0 0 B の製造工程については図示していないが、図 9 の (a)、(b) の工程を経たのち、 CHF_3 ガスを用いて R I E (Reactive Ion Etching) ドライエッチングで、F P C 実装部 3 4 (個別電極 5 の端子部 5 a) および接合部 3 6 の SiO_2 膜を除去すれば、本実施の形態 2 における電極ガラス基板 3 0 0 B を作製することができる。

【 0 0 6 3 】

(a) 実施の形態 2 の場合、図 1 0 (a) と同様に、まず、厚さが $280 \mu\text{m}$ のシリコン基板 2 0 0 の片面全面に、例えば厚さが $0.8 \mu\text{m}$ のボロン拡散層 2 0 1 を形成したシリコン基板 2 0 0 を作製し、さらに絶縁膜 7 として、熱酸化法により SiO_2 膜を 110nm の厚さで全面成膜する。次に、ボロン拡散層 2 0 1 の SiO_2 膜上に、トルエンを原料ガスとして用いた R F - C V D 法により、第 2 の a - c : H 膜 8 b、第 1 の a - c : H 膜 8 a をこの順番で全面成膜する (図 1 1 (a))。このとき、a - c : H 膜の成膜方法は次のとおりである。

(第 2 の a - c : H 膜 8 b)

R F : 900W 、原料ガス流量 : 10sccm 、窒素ガス流量 : 10sccm 、成膜時間 : 18秒 、膜厚 : 10nm 、体積抵抗率 : $3 \times 10^{10} \text{cm}$ 、膜中水素量 : $24 \text{atm}\%$

(第 1 の a - c : H 膜 8 a)

RF : 300 W、原料ガス流量 : 30 s c c m、成膜時間 : 10 秒、膜厚 : 10 n m、
体積抵抗率 : 5×10^{14} c m、膜中水素量 : 35 a t m %

この場合においても、a - c : H 膜の成膜中に、RF パワー、原料ガス流量、希釈ガス流量のうち1つ以上のパラメータを変更することにより、体積抵抗率および膜中水素量を異ならせた a - c : H 膜を積層状態に形成することができる。

【0064】

(b) 次に、a - c : H 膜は陽極接合ができないので、振動板6部分のみに第1および第2の a - c : H 膜 8 a、8 b を残すように、それ以外の第1および第2の a - c : H 膜 8 a、8 b 部分を O_2 アッシングにより除去する(図11(b))。すなわち、第1の a - c : H 膜 8 a に対してレジストを塗布し、フォトリソグラフィによりパターンニングを行う。そして、レジストパターンを形成後、振動板6部分以外の第1および第2の a - c : H 膜 8 a、8 b 部分を O_2 アッシングにより除去する。

10

【0065】

(c) このようにして形成されたシリコン基板200を、別工程で作製済みの電極ガラス基板300B上にアライメントして陽極接合する(図11(c))。

この後は、図10(c)~(g)と同様に、シリコン基板200の薄板化加工(図11(d))、異方性ウェットエッチングによるインク流路溝の形成(図11(e))、FPC実装部34のドライエッチングによる開口(図11(f))、共通電極26、封止材35による封止部の形成、およびインク供給孔33の貫通形成(図11(g))を経て、ダイシングにより個々のヘッドチップに切断することにより、実施の形態2のインクジェットヘッド10の本体部が完成する(図11(h))。

20

【0066】

本実施の形態2に係るインクジェットヘッド10の製造方法でも、実施の形態1の場合と同様の効果が得られる。

【0067】

実施の形態3の場合

実施の形態3に係るインクジェットヘッド10の製造方法については、図示は省略するが、前述したところから明らかなように、図11、図12の電極ガラス基板300Bに代えて、図9の電極ガラス基板300Aを用いればよい。

本実施の形態3の場合、製造コストは、実施の形態1および実施の形態2に比べて多少上昇するが、絶縁膜の異物化のないインクジェットヘッド10を製造することができる。

30

【0068】

実施の形態4

次に、前述した実施の形態1のインクジェットヘッド10の製造方法において、a - c : H 膜成膜時の基板温度を変更したときの製造方法を実施の形態4として説明する。ここで、成膜時の基板温度とは、基板が載置されるプラズマCVD装置の電極部の温度である。基板温度を変化させるには、電極部に内蔵されているヒータの温度を変更する。

インクジェットヘッド10の製造方法の手順は前述の実施の形態1と同じであるので、ここでは膜特性の異なる a - c : H 膜の成膜方法について説明する。

【0069】

<第1の成膜方法>

第1の成膜方法は、第1および第2の a - c : H 膜 8 a、8 b の成膜時の基板温度のみを変更して、下記の条件で成膜したものである。

(第2の a - c : H 膜 8 b)

RF : 300 W、原料ガス流量 : 5 s c c m、基板温度 : 400、成膜時間 : 20 秒、膜厚 : 5 n m とした。

このとき、体積抵抗率は 4×10^{11} c m、膜中水素量は 22 a t m % であった。

(第1の a - c : H 膜 8 a)

第1の a - c : H 膜 8 a は、CVD装置のチャンバ内が冷却され、基板温度が十分に低下してから以下の条件で成膜する。

40

50

R F : 3 0 0 W、原料ガス流量 : 5 s c c m、基板温度 : 3 0 0 、成膜時間 : 2 0 秒、膜厚 : 5 n mとした。

このとき、体積抵抗率は 3×10^{14} c m、膜中水素量は 2 8 a t m %であった。

【 0 0 7 0 】

< 第 2 の成膜方法 >

第 2 の成膜方法は、R F パワーと第 1 および第 2 の a - c : H 膜 8 a、8 b の成膜時の基板温度の両方を変更して、下記の条件で成膜したものである。

(第 2 の a - c : H 膜 8 b)

R F : 5 0 0 W、原料ガス流量 : 5 s c c m、窒素ガス流量 : 5 s c c m、基板温度 : 4 0 0 、成膜時間 : 2 0 秒、膜厚 : 5 n mとした。

10

このとき、体積抵抗率は 2×10^{10} c m、膜中水素量は 2 0 a t m %であった。

(第 1 の a - c : H 膜 8 a)

但し、C V D 装置のチャンバ内が冷却され、基板温度が十分に低下してから以下の条件で成膜する。

R F : 3 0 0 W、原料ガス流量 : 5 s c c m、基板温度 : 3 0 0 、成膜時間 : 2 0 秒、膜厚 : 5 n mとした。

このとき、体積抵抗率は 3×10^{14} c m、膜中水素量は 2 8 a t m %であった。

【 0 0 7 1 】

上記のように、当界面側の第 1 の a - c : H 膜 8 a は基板温度 3 0 0 で、下地酸化膜側の第 2 の a - c : H 膜 8 b は基板温度 4 0 0 で成膜されている。従って、第 1 の a - c : H 膜 8 a は、第 2 の a - c : H 膜 8 b に比べて、体積抵抗率が高く、また膜中水素量が多く、摩擦係数および硬さが低くなっている。

20

当界面側の第 1 の a - c : H 膜 8 a は最も高い体積抵抗率を有する D L C 膜となっているため、高電圧駆動をしても帯電は生じにくい。よって、振動板の貼り付きを防止でき、高電圧駆動が可能となる。

また、当界面側の第 1 の a - c : H 膜 8 a は、下地酸化膜側の第 2 の a - c : H 膜 8 b よりも膜中水素量が多いため、摩擦係数が低く、かつ相対的に軟らかい (低硬度) D L C 膜となっているため、振動板の当接力を下地酸化膜側の第 2 の a - c : H 膜 8 b に分散させることができ、そのため当界面側の D L C 膜の異物化を防止することができる。

さらに、当界面側の第 1 の a - c : H 膜 8 a は、低摩擦係数の D L C 膜であるため、これに対向する振動板側の絶縁膜 7 の異物化を防止することができる。

30

よって、本実施の形態によれば、高電圧駆動が可能で、長期駆動耐久性を有する静電アクチュエータを実現することができる。

なお、上記の第 1 および第 2 の成膜方法は、実施の形態 1 に限らず、実施の形態 2 および実施の形態 3 におけるインクジェットヘッド 1 0 の製造にも同様に適用することができる。

【 実施例 】

【 0 0 7 2 】

次に、本発明の実施例を表 2 に示す。本実施例では、振動板側は、S i 基板の上に順次、S i O₂ の絶縁膜、基板温度 4 0 0 で第 2 の a - c : H 膜、そして基板温度 3 0 0 で第 1 の a - c : H 膜を成膜したものである。一方、比較例 1 では、振動板側は、S i 基板の上に順次、S i O₂ の絶縁膜と基板温度 4 0 0 で単層の a - c : H 膜とを成膜したものであり、比較例 2 では、振動板側は、S i 基板の上に順次、S i O₂ の絶縁膜と基板温度 3 0 0 で単層の a - c : H 膜とを成膜したものである。

40

電極板側は、実施例、比較例 1、比較例 2 とともに同じで、ガラス基板の上に I T O 製の個別電極とその上に S i O₂ の絶縁膜を成膜したものである。

【 0 0 7 3 】

【表 2】

		実施例	比較例 1	比較例 2
振動板	基材	Si	Si	Si
	絶縁膜	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂
	DLC膜	第2のa-c:H膜(400℃)	a-c:H膜(400℃)	a-c:H膜(300℃)
		第1のa-c:H膜(300℃)	—	—
電極基板	絶縁膜	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂
	個別電極	ITO	ITO	ITO
	基材	ガラス	ガラス	ガラス
駆動耐久性		2.5億shot	0.5億shot	2.0億shot
駆動電圧：45V パルス周波数：16kHz パルス幅：10μs		膜異物なし	膜異物化	膜異物化

10

【0074】

実施例、比較例 1、比較例 2 について駆動耐久性試験を行った。試験は、駆動電圧 45 V、パルス周波数 16 kHz、パルス幅 10 μs の条件で行った。その結果、本実施例では、2.5 億ショットでも膜の異物化は認められなかった。これは、Si 基板側が硬い膜（第 2 の a - c : H 膜）であり、当接面側が相対的に軟らかい膜（第 1 の a - c : H 膜）であるため、摩耗性がよいためであると考えられる。

これに対して、比較例 1 では、0.5 億ショットで膜の異物化が見られた。これは、単層の膜（a - c : H 膜）を基板温度 400 で成膜しただけでは膜の硬さが硬くなり潤滑性が低いためであると考えられる。一方、比較例 2 では、2.0 億ショットで膜の異物化が見られたが、比較例 1 に比べて駆動耐久性が向上している。これは、単層の膜（a - c : H 膜）を基板温度 300 で成膜した場合には当該 a - c : H 膜が多少軟らかいため潤滑性がよくなるためであると推定される。

20

【0075】

以上のように、a - c : H 膜の成膜中に、少なくとも基板温度を変更することで、膜特性の異なる複数の a - c : H 膜を成膜することができ、高電圧駆動が可能で長期駆動耐久性に優れたインクジェットヘッド 10 を製造することができる。

【0076】

以上の実施の形態では、静電アクチュエータおよびインクジェットヘッド、ならびにこれらの製造方法について述べたが、本発明は上記の実施形態に限定されるものでなく、本発明の思想の範囲内で種々変更することができる。例えば、本発明の静電アクチュエータは、光スイッチやミラーデバイス、マイクロポンプ、レーザプリンタのレーザ操作ミラーの駆動部などにも利用することができる。また、ノズル孔より吐出される液状材料を変更することにより、例えば図 13 に示すようなインクジェットプリンタ 400 のほか、液晶ディスプレイのカラーフィルタの製造、有機 EL 表示装置の発光部分の形成、遺伝子検査等に用いられる生体分子溶液のマイクロアレイの製造など様々な用途の液滴吐出装置として利用することができる。

30

【図面の簡単な説明】

40

【0077】

【図 1】本発明の実施の形態 1 に係るインクジェットヘッドの概略構成を示す分解斜視図。

【図 2】組立状態における図 1 の略右半分の概略構成を示すインクジェットヘッドの断面図。

【図 3】図 2 のインクジェットヘッドの上面図。

【図 4】図 2 の A - A 拡大断面図。

【図 5】本発明の実施の形態 2 に係るインクジェットヘッドの概略断面図。

【図 6】図 5 の B - B 拡大断面図。

【図 7】本発明の実施の形態 3 に係るインクジェットヘッドの概略断面図。

50

【図 8】図 7 の C - C 拡大断面図。

【図 9】実施の形態 1 に係るインクジェットヘッドの電極基板の製造工程の概略断面図。

【図 10】実施の形態 1 に係るインクジェットヘッドの製造工程の概略断面図。

【図 11】実施の形態 2 に係るインクジェットヘッドの製造工程の概略断面図。

【図 12】図 11 に続く製造工程の概略断面図。

【図 13】本発明のインクジェットヘッドを適用したインクジェットプリンタの一例を示す概略斜視図。

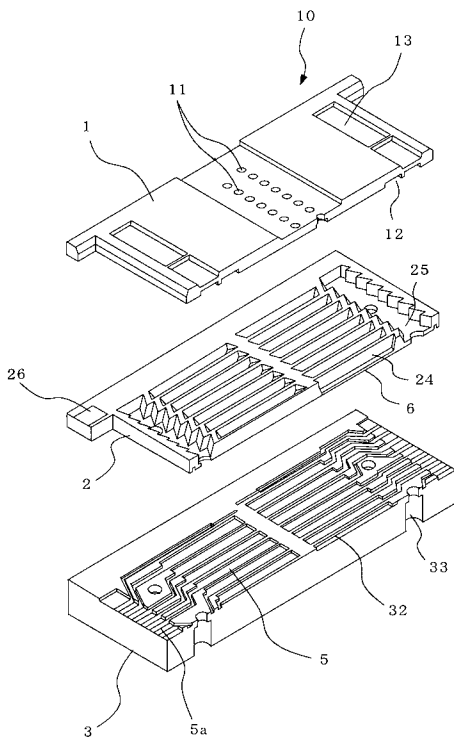
【符号の説明】

【0078】

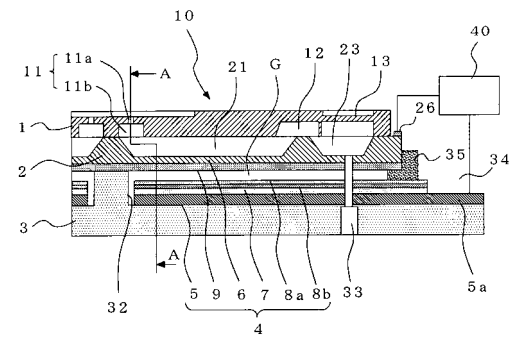
1 ノズル基板、2 キャピティ基板、3 電極基板、4 静電アクチュエータ、5 個別電極（固定電極）、6 振動板（可動電極）、7 酸化物系絶縁膜、8 a 第 1 の水素化アモルファスカーボン膜（第 1 の a - c : H 膜）、8 b 第 2 の水素化アモルファスカーボン膜（第 2 の a - c : H 膜）、9 絶縁膜、10 インクジェットヘッド、11 ノズル孔、12 オリフィス、13 ダイアフラム部、21 吐出室、23 リザーバ、26 共通電極、32 凹部、33 インク供給孔、34 電極取り出し部（FPC実装部）、35 封止材、36 接合部、40 駆動制御回路（駆動手段）、200 シリコン基板、300 ガラス基板、400 インクジェットプリンタ。

10

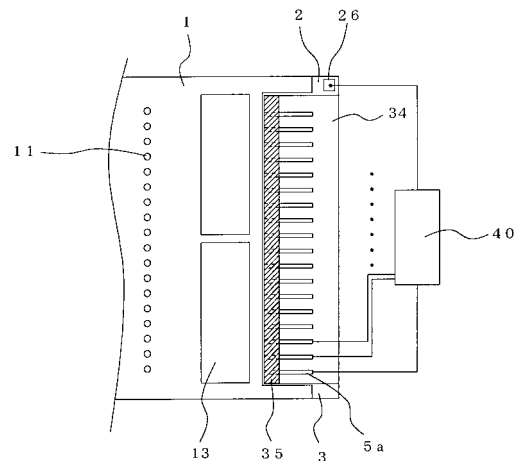
【図 1】



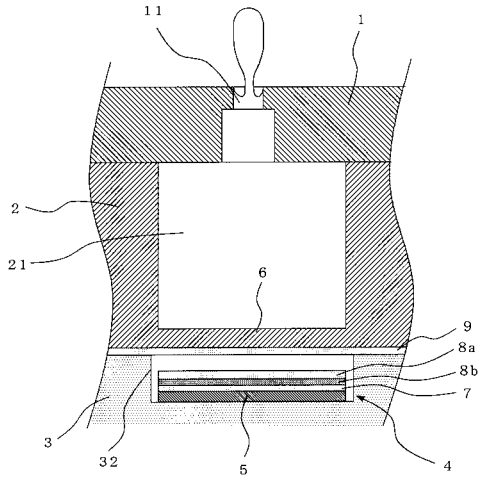
【図 2】



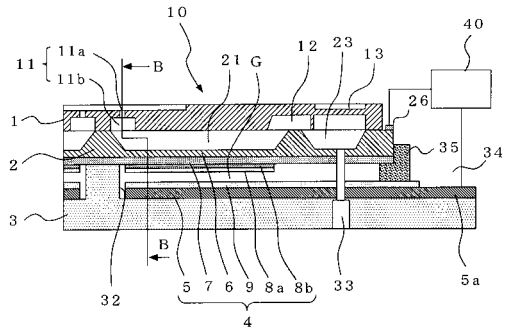
【図 3】



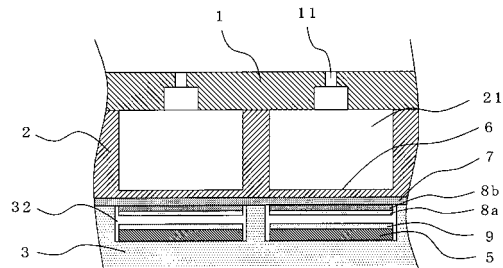
【 図 4 】



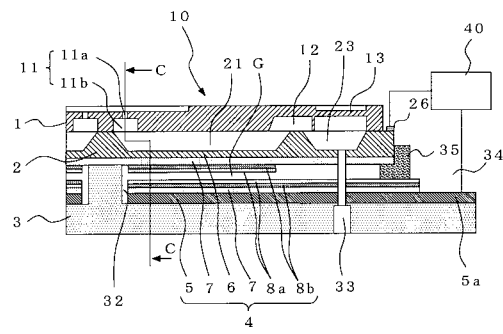
【 図 5 】



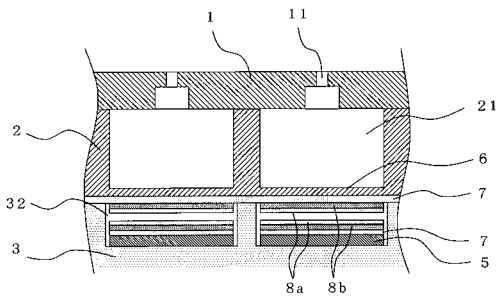
【 図 6 】



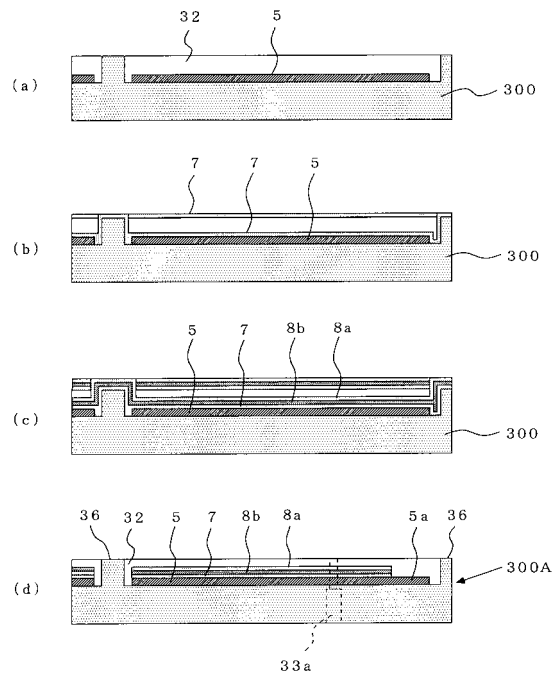
【 図 7 】



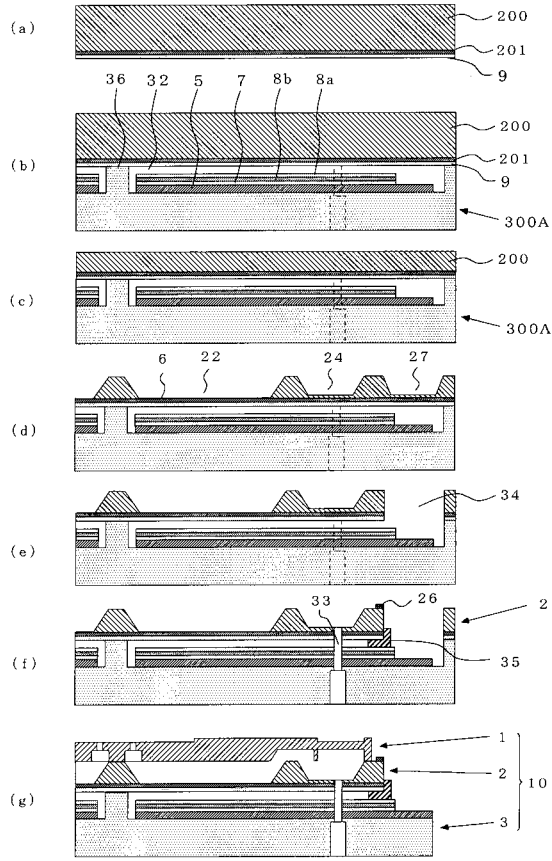
【 図 8 】



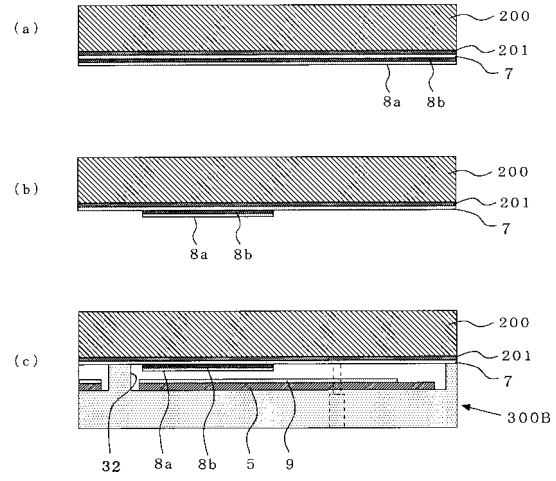
【 図 9 】



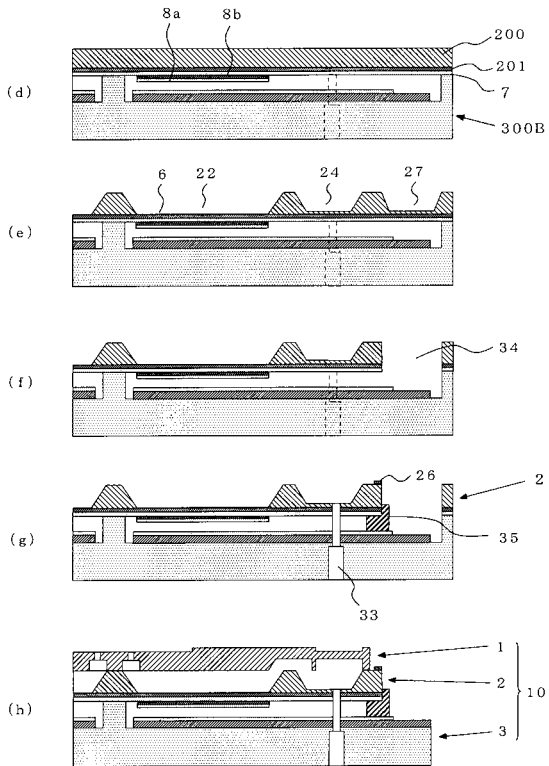
【図 10】



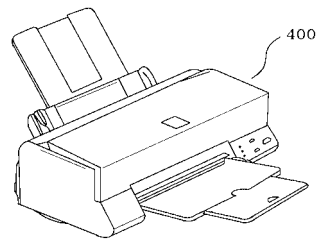
【図 11】



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

(72)発明者 杷野 祥史

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 小松 洋

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

Fターム(参考) 2C057 AF65 AF66 AF93 AG54 AP53 AQ01 AQ02 BA04 BA15