

(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2007-73931

(P2007-73931A)

(43) 公開日 平成19年3月22日(2007.3.22)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 1 L 41/22 (2006.01)	H O 1 L 41/22 Z	2 C O 5 7
B 4 1 J 2/045 (2006.01)	B 4 1 J 3/04 I O 3 A	
B 4 1 J 2/055 (2006.01)	B 4 1 J 3/04 I O 3 H	
B 4 1 J 2/16 (2006.01)	H O 1 L 41/08 L	
H O 1 L 41/09 (2006.01)	H O 1 L 41/08 J	
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 14 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2006-192068 (P2006-192068)	(71) 出願人	000002369
(22) 出願日	平成18年7月12日 (2006.7.12)		セイコーエプソン株式会社
(31) 優先権主張番号	特願2005-230792 (P2005-230792)		東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(32) 優先日	平成17年8月9日 (2005.8.9)	(74) 代理人	100101236
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		弁理士 栗原 浩之
		(74) 代理人	100128532
			弁理士 村中 克年
		(72) 発明者	李 欣山
			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	西脇 学
			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 AF93 AG12 AG42 AG44 AP02 AP14 BA03 BA14

(54) 【発明の名称】 アクチュエータ装置の製造方法及びアクチュエータ装置並びに液体噴射ヘッド及び液体噴射装置

(57) 【要約】

【課題】 圧電体層の圧電特性を良好に保持でき且つ上電極の剥離を防止することができるアクチュエータ装置の製造方法及びアクチュエータ装置並びに液体噴射ヘッド及び液体噴射装置を提供する。

【解決手段】 基板に振動板を形成する工程と、振動板上に下電極、圧電体層及び上電極からなる圧電素子を形成する工程とを有し、且つ圧電素子を形成する工程では、圧電体層上にスパッタリング法によって上電極を形成し、その際の温度を25～250()、圧力を0.4～1.5(Pa)として、厚さが30～100(nm)であって応力が0.3～2.0(GPa)であり、且つ比抵抗が2.0($\times 10^{-7}$ ・m)以下である上電極を形成する。

【選択図】 なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板に振動板を形成する工程と、該振動板上に下電極、圧電体層及び上電極からなる圧電素子を形成する工程とを有し、且つ前記圧電素子を形成する工程では、前記圧電体層上にスパッタリング法によって前記上電極を形成し、その際の温度を $25 \sim 250$ ()、圧力を $0.4 \sim 1.5$ (Pa) として、厚さが $30 \sim 100$ (nm) であって応力が $0.3 \sim 2.0$ (GPa) であり、且つ比抵抗が 2.0 ($\times 10^{-7}$ $\cdot m$) 以下である前記上電極を形成することを特徴とするアクチュエータ装置の製造方法。

【請求項 2】

前記上電極を形成する際のパワー密度を $3 \sim 30$ (kW/m²) としたことを特徴とする請求項 1 に記載のアクチュエータ装置の製造方法。 10

【請求項 3】

前記上電極の材料として、イリジウム (Ir) を用いたことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のアクチュエータ装置の製造方法。

【請求項 4】

請求項 1 ～ 3 の何れかに記載の製造方法によって製造されたことを特徴とするアクチュエータ装置。

【請求項 5】

請求項 4 に記載のアクチュエータ装置を具備することを特徴とする液体噴射ヘッド。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の液体噴射ヘッドを具備することを特徴とする液体噴射装置。 20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、振動板上に、下電極、圧電材料からなる圧電体層及び上電極で構成される圧電素子を有するアクチュエータ装置の製造方法及びアクチュエータ装置、並びにこのアクチュエータ装置を用いた液体噴射ヘッド及び液体噴射装置に関する。

【背景技術】

【0002】

アクチュエータ装置に用いられる圧電素子としては、電気機械変換機能を呈する圧電材料、例えば、結晶化した圧電性セラミックス等からなる圧電体層を、下電極と上電極との 2 つの電極で挟んで構成されたものがある。このようなアクチュエータ装置は、一般的に、撓み振動モードのアクチュエータ装置と呼ばれ、例えば、液体噴射ヘッド等に搭載されて使用されている。なお、液体噴射ヘッドの代表例としては、例えば、インク滴を吐出するノズル開口と連通する圧力発生室の一部を振動板で構成し、この振動板を圧電素子により変形させて圧力発生室のインクを加圧してノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッド等がある。また、インクジェット式記録ヘッドに搭載されるアクチュエータ装置としては、例えば、振動板の表面全体に亘って成膜技術により均一な圧電材料層を形成し、この圧電材料層をリソグラフィ法により圧力発生室に対応する形状に切り分けて圧力発生室毎に独立するように圧電素子を形成したものがある (例えば、特許文献 1 参照)。 30 40

【0003】

このような圧電素子を有するアクチュエータ装置では、リソグラフィ法という精密で、且つ簡便な手法で圧電素子を高密度に作り付けることができるばかりでなく、圧電素子の厚みを薄くできて高速駆動が可能になるという利点がある。しかしながら、このように形成した圧電素子は、圧電素子を構成する各膜の膜質、あるいは膜応力等に起因する膜剥離が生じてしまうという問題がある。特に、圧電素子の最上層である上電極が圧電体層から剥離し易いという問題がある。

【0004】

なお、圧電素子を構成する膜の応力を調整するために、例えば、圧電層 (圧電体層) の 50

間に応力緩和層を設けたものがある（例えば、特許文献 2 参照）。このような構成とすることで、圧電素子を構成する膜の剥離をある程度は防止することができるかもしれない。しかしながら、圧電体層の圧電特性が低下してしまい、圧電素子を駆動した際に所望の変位量が得られないという問題が生じる虞がある。

【0005】

勿論、このような問題は、インクジェット式記録ヘッド等の液体噴射ヘッドに搭載されるアクチュエータ装置だけでなく、その他のあらゆる装置に搭載されるアクチュエータ装置においても同様に存在する。

【0006】

【特許文献 1】特開平 5 - 286131 号公報（第 3 図、段落 [0013] 等）

10

【特許文献 2】特開 2004 - 128492 号公報（特許請求の範囲等）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は、このような事情に鑑み、圧電体層の圧電特性を良好に保持でき且つ上電極の剥離を防止することができるアクチュエータ装置の製造方法及びアクチュエータ装置並びに液体噴射ヘッド及び液体噴射装置を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決する本発明の第 1 の態様は、基板に振動板を形成する工程と、該振動板上に下電極、圧電体層及び上電極からなる圧電素子を形成する工程とを有し、且つ前記圧電素子を形成する工程では、前記圧電体層上にスパッタリング法によって前記上電極を形成し、その際の温度を $25 \sim 250$ ()、圧力を $0.4 \sim 1.5$ (Pa) として、厚さが $30 \sim 100$ (nm) であって応力が $0.3 \sim 2.0$ (GPa) であり、且つ比抵抗が 2.0 ($\times 10^{-7}$ · m) 以下である前記上電極を形成することを特徴とするアクチュエータ装置の製造方法にある。

20

かかる第 1 の態様では、上電極の圧電体層との密着性が確保されるため、圧電体層の圧電特性が良好に保持しつつ上電極の膜質を向上させることができる。したがって、変位特性及び耐久性に優れたアクチュエータ装置を実現することができる。

【0009】

30

本発明の第 2 の態様は、前記上電極を形成する際のパワー密度を $3 \sim 30$ (kW/m²) としたことを特徴とする第 1 の態様のアクチュエータ装置の製造方法にある。

かかる第 2 の態様では、所望の応力を有する上電極をより確実に形成することができる。

【0010】

本発明の第 3 の態様は、前記上電極の材料として、イリジウム (Ir) を用いたことを特徴とする第 1 又は 2 の態様のアクチュエータ装置の製造方法にある。

かかる第 3 の態様では、上電極として所定の材料を用いることで、上電極の膜質がさらに確実に向上する。

【0011】

40

本発明の第 4 の態様は、第 1 ～ 3 の何れかの態様の製造方法によって製造されたことを特徴とするアクチュエータ装置にある。

かかる第 4 の態様では、変位特性及び耐久性が著しく向上したアクチュエータ装置が実現される。

【0012】

本発明の第 5 の態様は、第 4 の態様のアクチュエータ装置を具備することを特徴とする液体噴射ヘッドにある。

かかる第 5 の態様では、良好な吐出特性が得られ且つ耐久性も大幅に向上した液体噴射ヘッドが実現される。

【0013】

50

本発明の第 6 の態様は、第 5 の態様の液体噴射ヘッドを具備することを特徴とする液体噴射装置にある。

かかる第 6 の態様では、吐出特性、耐久性等が向上することで、信頼性を大幅に向上した液体噴射装置を実現できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

以下に本発明を実施形態に基づいて詳細に説明する。

(実施形態 1)

図 1 は、本発明の実施形態 1 に係るインクジェット式記録ヘッドの概略構成を示す分解斜視図であり、図 2 は、図 1 の平面図及びその A - A 断面図である。図示するように、流路形成基板 10 は、本実施形態では面方位 (110) のシリコン単結晶基板からなり、その一方の面には予め熱酸化により形成した二酸化シリコンからなる、厚さ 0.5 ~ 2 μ m の弾性膜 50 が形成されている。流路形成基板 10 には、隔壁 11 によって区画された複数の圧力発生室 12 がその幅方向に並設されている。また、流路形成基板 10 の圧力発生室 12 の長手方向外側の領域には連通部 13 が形成され、連通部 13 と各圧力発生室 12 とが、各圧力発生室 12 毎に設けられたインク供給路 14 を介して連通されている。なお、連通部 13 は、後述する保護基板のリザーバ部と連通して各圧力発生室 12 の共通のインク室となるリザーバの一部を構成する。インク供給路 14 は、圧力発生室 12 よりも狭い幅で形成されており、連通部 13 から圧力発生室 12 に流入するインクの流路抵抗を一定に保持している。

【0015】

また、流路形成基板 10 の開口面側には、各圧力発生室 12 のインク供給路 14 とは反対側の端部近傍に連通するノズル開口 21 が穿設されたノズルプレート 20 が、後述するマスク膜 52 を介して接着剤や熱溶着フィルム等によって固着されている。なお、ノズルプレート 20 は、例えば、ガラスセラミックス、シリコン単結晶基板又はステンレス鋼などからなる。

【0016】

一方、流路形成基板 10 の開口面とは反対側には、上述したように、二酸化シリコンからなり厚さが例えば、約 1.0 μ m の弾性膜 50 が形成され、この弾性膜 50 上には、例えば、酸化ジルコニウム (ZrO_2) 等からなり厚さが例えば、約 0.4 μ m の絶縁体膜 55 が積層形成されている。また、絶縁体膜 55 上には、厚さが例えば、約 0.1 ~ 0.2 μ m の下電極膜 60 と、厚さが例えば、約 0.5 ~ 5 μ m の圧電体層 70 と、厚さが例えば、約 0.05 μ m の上電極膜 80 とからなる圧電素子 300 が形成されている。すなわち、本発明では、振動板が酸化膜を有し、圧電素子 300 はこの酸化膜上に形成されている。なお、一般的には、圧電素子 300 の何れか一方の電極を共通電極とし、他方の電極及び圧電体層 70 を各圧力発生室 12 毎にパターンニングして構成する。本実施形態では、下電極膜 60 を圧電素子 300 の共通電極とし、上電極膜 80 を圧電素子 300 の個別電極としているが、駆動回路や配線の都合でこれを逆にしても支障はない。また、ここでは、圧電素子 300 と当該圧電素子 300 の駆動により変位が生じる振動板とを合わせてアクチュエータ装置と称する。

【0017】

また、このような各圧電素子 300 の上電極膜 80 には、例えば、金 (Au) 等からなるリード電極 90 がそれぞれ接続され、このリード電極 90 を介して各圧電素子 300 に選択的に電圧が印加されるようになっている。

【0018】

また、本実施形態では、圧電素子 300 の各層及びリード電極 90 のパターン領域は、下電極膜 60 の接続部 60a 及びリード電極 90 の接続部 90a に対向する領域を除いて、絶縁材料からなる絶縁膜 95 によって覆われている。すなわち、この接続部 60a, 90a を除いて、下電極膜 60、圧電体層 70、上電極膜 80 及びリード電極 90 の表面が、絶縁膜 95 によって覆われている。これにより、圧電体層 70 の水分 (湿気) に起因す

10

20

30

40

50

る破壊が防止される。なお、絶縁膜 95 の材料としては、無機絶縁材料であれば、特に限定されず、例えば、酸化アルミニウム (Al_2O_3)、五酸化タンタル (Ta_2O_5) 等が挙げられるが、特に、酸化アルミニウム (Al_2O_3) を用いるのが好ましい。

【0019】

このような圧電素子 300 が形成された流路形成基板 10 には、圧電素子 300 に対向する領域に、圧電素子 300 を保護するための圧電素子保持部 31 を有する保護基板 30 が、接着剤等によって接合されている。なお、圧電素子保持部 31 は、圧電素子 300 の運動を阻害しない程度の空間を確保できればよく、当該空間は密封されていても、密封されていなくてもよい。また、保護基板 30 には、連通部 13 に対向する領域にリザーバ部 32 が設けられており、このリザーバ部 32 は、上述したように、流路形成基板 10 の連通部 13 と連通されて各圧力発生室 12 の共通のインク室となるリザーバ 100 を構成している。また、保護基板 30 の圧電素子保持部 31 とリザーバ部 32 との間の領域には、保護基板 30 を厚さ方向に貫通する貫通孔 33 が設けられ、この貫通孔 33 内に下電極膜 60 の一部及びリード電極 90 の先端部が露出され、これら下電極膜 60 及びリード電極 90 には、図示しないが、駆動 IC から延設される接続配線の一端が接続される。

10

【0020】

保護基板 30 としては、流路形成基板 10 の熱膨張率と略同一の材料、例えば、ガラス、セラミック材料等を用いることが好ましく、本実施形態では、流路形成基板 10 と同一材料のシリコン単結晶基板を用いて形成した。

【0021】

保護基板 30 上には、封止膜 41 及び固定板 42 とからなるコンプライアンス基板 40 が接合されている。ここで、封止膜 41 は、剛性が低く可撓性を有する材料（例えば、厚さが $6\mu m$ のポリフェニレンサルファイド (PPS) フィルム）からなり、この封止膜 41 によってリザーバ部 32 の一側面が封止されている。また、固定板 42 は、金属等の硬質の材料（例えば、厚さが $30\mu m$ のステンレス鋼 (SUS) 等）で形成される。この固定板 42 のリザーバ 100 に対向する領域は、厚さ方向に完全に除去された開口部 43 となっているため、リザーバ 100 の一側面は可撓性を有する封止膜 41 のみで封止されている。

20

【0022】

このような本実施形態のインクジェット式記録ヘッドでは、図示しない外部インク供給手段からインクを取り込み、リザーバ 100 からノズル開口 21 に至るまで内部をインクで満たした後、駆動 IC からの記録信号に従い、圧力発生室 12 に対応するそれぞれの下電極膜 60 と上電極膜 80 との間に電圧を印加し、弾性膜 50、下電極膜 60 及び圧電体層 70 をたわみ変形させることにより、各圧力発生室 12 内の圧力が高まりノズル開口 21 からインク滴が吐出する。

30

【0023】

以下、インクジェット式記録ヘッドの製造方法について、図 3 ~ 図 6 を参照して説明する。なお、図 3 ~ 図 6 は、圧力発生室 12 の長手方向の断面図である。まず、図 3 (a) に示すように、シリコンウェハである流路形成基板用ウェハ 110 を約 $1100^\circ C$ の拡散炉で熱酸化し、その表面に弾性膜 50 を構成する二酸化シリコン膜 51 を形成する。なお、本実施形態では、流路形成基板用ウェハ 110 として、膜厚が約 $625\mu m$ と比較的厚く剛性の高いシリコンウェハを用いている。

40

【0024】

次いで、図 3 (b) に示すように、弾性膜 50 (二酸化シリコン膜 51) 上に、酸化ジルコニウムからなる絶縁体膜 55 を形成する。具体的には、弾性膜 50 (二酸化シリコン膜 51) 上に、例えば、スパッタリング法等によりジルコニウム (Zr) 層を形成後、このジルコニウム層を、例えば、 $500 \sim 1200^\circ C$ の拡散炉で熱酸化することにより酸化ジルコニウム (ZrO_2) からなる絶縁体膜 55 を形成する。

【0025】

次いで、図 3 (c) に示すように、白金 (Pt)、イリジウム (Ir) 等からなる下電

50

極膜 60 を絶縁体膜 55 の全面に形成後、所定形状にパターンニングする。例えば、本実施形態では、イリジウムからなる膜と、白金からなる膜とをスパッタリング法により積層し、積層された複数の膜を所定形状にパターンニングすることにより下電極膜 60 とした。

【0026】

次に、図 3 (d) に示すように、下電極膜 60 及び絶縁体膜 55 上に、チタン (Ti) を、例えば、スパッタリング法等によって塗布することにより所定の厚さの種チタン層 65 を形成する。次に、この種チタン層 65 上に、圧電材料、本実施形態では、チタン酸ジルコン酸鉛 (PZT) からなる圧電体層 70 を形成する。なお、本実施形態では、金属有機物を触媒に溶解・分散したいわゆるゾルを塗布乾燥してゲル化し、さらに高温で焼成することで金属酸化物からなる圧電体層 70 を得る、いわゆるゾル-ゲル法を用いて圧電体層 70 を形成した。また、圧電体層 70 の製造方法は、ゾル-ゲル法に限定されず、例えば、MOD (Metal-Organic Decomposition) 法等を用いてもよい。

10

【0027】

圧電体層 70 の形成手順の一例としては、まず、図 4 (a) に示すように、種チタン層 65 上に PZT 前駆体膜である圧電体前駆体膜 71 を成膜する。すなわち、流路形成基板用ウェハ 110 上に金属有機化合物を含むゾル (溶液) を塗布する。次いで、圧電体前駆体膜 71 を、所定温度に加熱して一定時間乾燥させ、ゾルの溶媒を蒸発させることで圧電体前駆体膜 71 を乾燥させる。さらに、大気雰囲気下において一定の温度で一定時間、圧電体前駆体膜 71 を脱脂する。なお、ここで言う脱脂とは、ゾル膜の有機成分を、例えば、 NO_2 、 CO_2 、 H_2O 等として離脱させることである。

20

【0028】

そして、このような塗布・乾燥・脱脂の工程を、所定回数、例えば、2 回繰り返すことで、図 4 (b) に示すように、圧電体前駆体膜 71 を所定厚に形成し、この圧電体前駆体膜 71 を拡散炉等で加熱処理することによって結晶化させて圧電体膜 72 を形成する。すなわち、圧電体前駆体膜 71 を焼成することで種チタン層 65 を核として結晶が成長して圧電体膜 72 が形成される。なお、焼成温度は、 $650 \sim 850$ 程度であることが好ましく、例えば、本実施形態では、約 700 で 30 分間、圧電体前駆体膜 71 を焼成して圧電体膜 72 を形成した。なお、このような条件で形成した圧電体膜 72 の結晶は (100) 面に優先配向する。

【0029】

さらに、上述した塗布・乾燥・脱脂・焼成の工程を、複数回繰り返すことにより、図 4 (c) に示すように、例えば、5 層の圧電体膜 72 からなる所定厚さの圧電体層 70 を形成する。

30

【0030】

なお、圧電体層 70 の材料としては、例えば、チタン酸ジルコン酸鉛 (PZT) 等の強誘電性圧電性材料に、ニオブ、ニッケル、マグネシウム、ビスマス又はイットリウム等の金属を添加したリラクサ強誘電体等を用いてもよい。その組成は、圧電素子の特性、用途等を考慮して適宜選択すればよいが、例えば、 PbTiO_3 (PT)、 PbZrO_3 (PZ)、 $\text{Pb}(\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$ (PZT)、 $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3 - \text{PbTiO}_3$ (PMN-PT)、 $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3 - \text{PbTiO}_3$ (PZN-PT)、 $\text{Pb}(\text{Ni}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3 - \text{PbTiO}_3$ (PNN-PT)、 $\text{Pb}(\text{In}_{1/2}\text{Nb}_{1/2})\text{O}_3 - \text{PbTiO}_3$ (PIN-PT)、 $\text{Pb}(\text{Sc}_{1/3}\text{Ta}_{2/3})\text{O}_3 - \text{PbTiO}_3$ (PST-PT)、 $\text{Pb}(\text{Sc}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3 - \text{PbTiO}_3$ (PSN-PT)、 $\text{BiScO}_3 - \text{PbTiO}_3$ (BS-PT)、 $\text{BiYbO}_3 - \text{PbTiO}_3$ (BY-PT) 等が挙げられる。

40

【0031】

このように圧電体層 70 を形成した後は、図 5 (a) に示すように、例えば、イリジウム (Ir) からなる上電極膜 80 を流路形成基板用ウェハ 110 の全面に形成する。このとき、本発明では、スパッタリング法、例えば、DC 又は RF スパッタリング法によって、上電極膜 80 を、厚さが $30 \sim 100$ (nm) であって応力が $0.3 \sim 2.0$ (GPa

50

）であり、且つ比抵抗が $2.0 (\times 10^{-7} \cdot \text{m})$ 以下であるように形成した。なおここでは、引張り方向の応力を正の値で示し、圧縮方向の応力を負の値で示す。

【0032】

上電極膜 80 の応力及び比抵抗が上記のような値となるようにするためには、上電極膜 80 を成膜する際のスパッタリング圧力を $0.4 \sim 1.5 (\text{Pa})$ とし、上電極膜 80 を成膜する際の温度、すなわち、流路形成基板用ウェハ 110 の加熱温度を、 25 （常温） ~ 250 の範囲とする。これにより、上電極膜 80 を $30 \sim 100 (\text{nm})$ の厚さで形成することによって、上電極膜 80 の応力を所望の値とすることができ、また比抵抗も所望の値とすることができる。また、上電極膜 80 を成膜する際の温度を 25 （常温） ~ 250 の範囲とすることで、上電極膜 80 を形成する際の熱による圧電体層 70 のダメージを防止して圧電体層 70 の圧電特性を良好に維持することができる。

【0033】

また、スパッタリング法によって上電極膜を成膜する際のパワー密度は、特に限定されないが、 $3 \sim 30 (\text{kW/m}^2)$ の範囲とすることが好ましい。これにより、応力及び比抵抗を上記の値である上電極膜 80 をより確実に形成することができる。

【0034】

なお、上記の条件で上電極膜 80 を成膜することで、上電極膜 80 の比抵抗を $2.0 (\times 10^{-7} \cdot \text{m})$ 以下とすることができ、上電極膜 80 の比抵抗は、例えば、スパッタリング法によって上電極膜 80 を成膜する際に導入されるアルゴン (Ar) 等のガス圧を変化させることによって調整することができる。

【0035】

このように上電極膜 80 を形成した後は、図 5 (b) に示すように、圧電体層 70 及び上電極膜 80 を、各圧力発生室 12 に対向する領域にパターンニングして圧電素子 300 を形成する。また、圧電素子 300 を形成した後は、図 5 (c) に示すように、流路形成基板用ウェハ 110 の全面に亘って、例えば、金 (Au) 等からなる金属層 91 を形成し、その後、例えば、レジスト等からなるマスクパターン (図示なし) を介して金属層 91 を圧電素子 300 毎にパターンニングすることによってリード電極 90 を形成する。

【0036】

次に、図 5 (d) に示すように、例えば、酸化アルミニウム (Al_2O_3) からなる絶縁膜 95 を形成する。すなわち、絶縁膜 95 を流路形成基板 10 の全面に形成し、その後、この絶縁膜 95 をイオンミリング等のドライエッチングによってパターンニングして下電極膜 60 の接続部 60a 及びリード電極 90 の接続部 90a となる領域等を露出させる。

【0037】

次に、図 6 (a) に示すように、流路形成基板用ウェハ 110 の圧電素子 300 側に、シリコンウェハであり複数の保護基板 30 となる保護基板用ウェハ 130 を接合する。なお、この保護基板用ウェハ 130 は、例えば、 $400 \mu\text{m}$ 程度の厚さを有するため、保護基板用ウェハ 130 を接合することによって流路形成基板用ウェハ 110 の剛性は著しく向上することになる。

【0038】

次いで、図 6 (b) に示すように、流路形成基板用ウェハ 110 をある程度の厚さとなるまで研磨した後、さらにフッ硝酸によってウェットエッチングすることにより流路形成基板用ウェハ 110 を所定の厚みにする。例えば、本実施形態では、約 $70 \mu\text{m}$ 厚になるように流路形成基板用ウェハ 110 をエッチング加工した。次いで、図 6 (c) に示すように、流路形成基板用ウェハ 110 上に、例えば、窒化シリコン (SiN) からなるマスク膜 52 を新たに形成し、所定形状にパターンニングする。そして、このマスク膜 52 を介して流路形成基板用ウェハ 110 を異方性エッチングすることにより、図 6 (d) に示すように、流路形成基板用ウェハ 110 に圧力発生室 12、連通部 13 及びインク供給路 14 等を形成する。

【0039】

なお、その後は、流路形成基板用ウェハ 110 及び保護基板用ウェハ 130 の外周縁部

の不要部分を、例えば、ダイシング等により切断することによって除去する。そして、流路形成基板用ウェハ 110 の保護基板用ウェハ 130 とは反対側の面にノズル開口 21 が穿設されたノズルプレート 20 を接合すると共に、保護基板用ウェハ 130 にコンプライアンス基板 40 を接合し、流路形成基板用ウェハ 110 等を図 1 に示すような一つのチップサイズの流路形成基板 10 等に分割することによって、本実施形態のインクジェット式記録ヘッドとする。

【0040】

以上説明したように、本発明では、圧電素子 300 を構成する上電極膜 80 を、その厚さが $30 \sim 100$ (nm) であって応力が $0.3 \sim 2.0$ (GPa) であり、且つ比抵抗が 2.0 ($\times 10^{-7} \cdot m$) 以下であるように形成するようにした。これにより、上電極膜 80 と圧電体層 70 との密着性が向上して上電極膜 80 の剥離が防止され、且つ圧電体層 70 の電気的特性が低下することもない。すなわち、上電極膜 80 は、圧縮方向の応力が強いと剥離し易く、一方、引張り方向の応力が強いと剥離し難いが圧電体層 70 の分極特性が低下する傾向にあるが、上述した条件で上電極膜 80 を形成することで、圧電体層 70 の電気的特性と上電極膜 80 の密着性とが何れも良好な圧電素子 300 が得られる。ちなみに、比抵抗は、 2.0 ($\times 10^{-7} \cdot m$) 以下であれば下限値は特に限定されないが、好ましくは、 1.59 ($\times 10^{-7} \cdot m$) 以上であることが好ましい。

10

【0041】

さらに、このような上電極膜 80 はその膜質も向上し表面が実質的に凹凸のない平滑な面となるため、絶縁膜 95 もこの上電極膜 80 上に均一な厚さで良好に形成され、その結果、絶縁膜 95 の剥離も防止される。したがって、変位特性及び耐久性に優れたアクチュエータ装置が得られ、長期に亘って良好な印刷品質を維持可能なインクジェット式記録ヘッドを実現することができる。

20

【0042】

ここで、下記表 1 に示す成膜条件で上電極膜である Ir 膜を成膜した実施例 1 ~ 8 及び比較例 1 ~ 15 のアクチュエータ装置を作製し、これら各実施例及び比較例のアクチュエータ装置における上電極膜の最大反り方向の応力を測定すると、アクチュエータ装置の変位量、及び上電極膜 (TE) の圧電体層との密着力を評価した。その結果を、下記表 1 に併せて示す。

【0043】

なお、アクチュエータ装置の変位量がおよそ 210 (nm) 以下であると上記液体噴射ヘッドの構造においてインクの吐出特性に影響を及ぼす。このため、アクチュエータの変位量は、変位量は 210 (nm) 以上であれば「良好」と評価し、 210 (nm) より小さい場合には「低下」(不良)と評価した。また、上電極膜 (TE) の圧電体層との密着力は、アクチュエータ装置が作製された段階で上電極膜の状態を観察し、上電極膜の剥離の有無及び圧電体層との上電極膜との間の空間の有無によって評価した。すなわち、上記剥離及び空間が存在すれば「低下」(不良)と評価し、存在しなければ「良好」と評価した。

30

【0044】

【表 1】

	Ir成膜条件	Ir比抵抗 ($\times 10^{-7} \Omega \cdot m$)	最大反り方向 応力(GPa)	変位量	TE 密着力
実施例1	25°C, 0.4Pa, 30kW/m ²	2.0	1.997	良好	良好
実施例2	100°C, 0.4Pa, 30kW/m ²	2.0	1.828	良好	良好
実施例3	250°C, 0.4Pa, 30kW/m ²	1.8	1.435	良好	良好
実施例4	250°C, 0.4Pa, 3kW/m ²	1.6	0.396	良好	良好
実施例5	250°C, 0.4Pa, 7.5kW/m ²	1.7	0.911	良好	良好
実施例6	250°C, 0.4Pa, 15kW/m ²	1.7	1.349	良好	良好
実施例7	250°C, 0.8Pa, 30kW/m ²	1.8	1.504	良好	良好
実施例8	250°C, 1.5Pa, 30kW/m ²	1.8	1.483	良好	良好
比較例1	350°C, 0.4Pa, 3kW/m ²	1.3	-0.100	低下	良好
比較例2	350°C, 0.4Pa, 7.5kW/m ²	1.4	0.156	低下	良好
比較例3	350°C, 0.4Pa, 15kW/m ²	1.6	0.233	低下	良好
比較例4	350°C, 0.4Pa, 30kW/m ²	1.6	0.631	低下	良好
比較例5	350°C, 0.4Pa, 60kW/m ²	1.7	0.732	低下	良好
比較例6	250°C, 3.0Pa, 30kW/m ²	1.9	1.362	良好	低下
比較例7	25°C, 4.0Pa, 3kW/m ²	3.9	-0.105	良好	低下
比較例8	100°C, 4.0Pa, 3kW/m ²	2.8	-0.549	良好	低下
比較例9	150°C, 4.0Pa, 3kW/m ²	2.7	-0.526	良好	低下
比較例10	250°C, 4.0Pa, 3kW/m ²	1.3	-0.738	良好	低下
比較例11	350°C, 4.0Pa, 3kW/m ²	1.1	-0.208	低下	低下
比較例12	25°C, 4.0Pa, 30kW/m ²	2.1	2.232	良好	低下
比較例13	150°C, 4.0Pa, 30kW/m ²	1.9	1.689	良好	低下
比較例14	250°C, 4.0Pa, 30kW/m ²	1.8	1.277	良好	低下
比較例15	350°C, 4.0Pa, 30kW/m ²	1.6	0.662	低下	低下

10

20

30

【0045】

上記表 1 に示すように、実施例 1 ～ 8 のアクチュエータ装置では、変位量及び TE 密着力は何れも「良好」と評価されたが、比較例 1 ～ 15 のアクチュエータ装置では、変位量又は TE 密着力の少なくとも一方が「低下」と評価されている。この結果から明らかなように、本発明よれば、上電極膜 80 と圧電体層 70 との密着性を向上して上電極膜 80 の剥離を防止でき、且つ圧電体層 70 の電気的特性も良好に維持することができる。

40

【0046】

また、上記各実施例及び比較例のアクチュエータから任意に選択したアクチュエータ装置（実施例 4 及び比較例 2 のアクチュエータ装置）における圧電体層である PZT 薄膜の残留分極（ $2P_r$ ）を調べた結果を下記表 2 に示す。なお、下記表 2 には、Ir 成膜条件、Ir 応力、Ir 比抵抗及びアクチュエータ装置の変位量を併せて示す。また、図 7 に実施例及び比較例のアクチュエータ装置における PZT 薄膜（圧電体層）のヒステリシス曲線を示す。

【0047】

【表 2】

	I r 成膜条件	Ir応力 (GPa)	Ir比抵抗 ($\Omega \cdot m$)	PZT膜の2Pr ($\mu C/cm^2$)	変位量
実施例	250°C,0.4Pa,3kW/m ²	0.396	1.592×10^{-7}	30	良好(221nm)
比較例	350°C,0.4Pa,7.5kW/m ²	0.156	1.449×10^{-7}	7	低下(200nm)

【0048】

上記表2に示すように、実施例のアクチュエータ装置では、PZT薄膜の残留分極(2Pr)とアクチュエータの変位量とは、共に良好な値を示しているが、比較例のアクチュエータ装置では、これらの値は、実施例のアクチュエータ装置に比べて何れも低くなっていた。また、図7に示すPZT薄膜のヒステリシス曲線からも、実施例のアクチュエータ装置の方が、比較例に比べて分極強度が大きいことが分かる。

【0049】

なお、上記表2に示した実施例は、スパッタ圧力(Pa)が0.4(Pa)としたものであるが、勿論、スパッタ圧力は0.4~1.5(Pa)の範囲とすればよい。また、温度は250であるが、25~250であればよい。これによりPZT薄膜の残留分極(2Pr)は、上記比較例よりも確実に高い数値となる。

【0050】

また、上電極膜80の材料としては、イリジウム(Ir)が用いていれていけばよい。上電極膜80の具体的な態様としては、イリジウム(Ir)の単層からなるものに限定されず、イリジウム(Ir)を主成分とする合金層からなるものであってもよい。また、イリジウム(Ir)層又はイリジウム(Ir)を主成分とする合金層の圧電体層70と接する面とは反対側の面に他の層を積層して上電極膜80としてもよい。

【0051】

(他の実施形態)

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は、上述の実施形態に限定されるものではない。

【0052】

また、これら各実施形態のインクジェット式記録ヘッドは、インクカートリッジ等と連通するインク流路を具備する記録ヘッドユニットの一部を構成して、インクジェット式記録装置に搭載される。図8は、そのインクジェット式記録装置の一例を示す概略図である。図8に示すように、インクジェット式記録ヘッドを有する記録ヘッドユニット1A及び1Bは、インク供給手段を構成するカートリッジ2A及び2Bが着脱可能に設けられ、この記録ヘッドユニット1A及び1Bを搭載したキャリッジ3は、装置本体4に取り付けられたキャリッジ軸5に軸方向移動自在に設けられている。この記録ヘッドユニット1A及び1Bは、例えば、それぞれブラックインク組成物及びカラーインク組成物を吐出するものとしている。

【0053】

そして、駆動モータ6の駆動力が図示しない複数の歯車およびタイミングベルト7を介してキャリッジ3に伝達されることで、記録ヘッドユニット1A及び1Bを搭載したキャリッジ3はキャリッジ軸5に沿って移動される。一方、装置本体4にはキャリッジ軸5に沿ってプラテン8が設けられており、図示しない給紙ローラなどにより給紙された紙等の記録媒体である記録シートSがプラテン8上を搬送されるようになっている。

【0054】

なお、上述した実施形態1では、液体噴射ヘッドの一例としてインクジェット式記録ヘッドを挙げて説明したが、本発明は広く液体噴射ヘッド全般を対象としたものであり、インク以外の液体を噴射する液体噴射ヘッドにも勿論適用することができる。その他の液体噴射ヘッドとしては、例えば、プリンタ等の画像記録装置に用いられる各種の記録ヘッド、液晶ディスプレイ等のカラーフィルタの製造に用いられる色材噴射ヘッド、有機ELデ

イスプレー、F E D（電界放出ディスプレイ）等の電極形成に用いられる電極材料噴射ヘッド、バイオ c h i p 製造に用いられる生体有機物噴射ヘッド等が挙げられる。さらに、本発明は、液体噴射ヘッドに利用されるアクチュエータ装置だけでなく、例えば、センサ等、他のあらゆる装置に搭載されるアクチュエータ装置にも適用できることは言うまでもない。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 5 5 】

【図 1】本発明の実施形態 1 に係る記録ヘッドの概略構成を示す分解斜視図である。

【図 2】本発明の実施形態 1 に係る記録ヘッドの平面図及び断面図である。

【図 3】本発明の実施形態 1 に係る記録ヘッドの製造方法を示す断面図である。

【図 4】本発明の実施形態 1 に係る記録ヘッドの製造方法を示す断面図である。

【図 5】本発明の実施形態 1 に係る記録ヘッドの製造方法を示す断面図である。

【図 6】本発明の実施形態 1 に係る記録ヘッドの製造方法を示す断面図である。

【図 7】実施例及び比較例に係る P Z T 薄膜のヒステリシス曲線である。

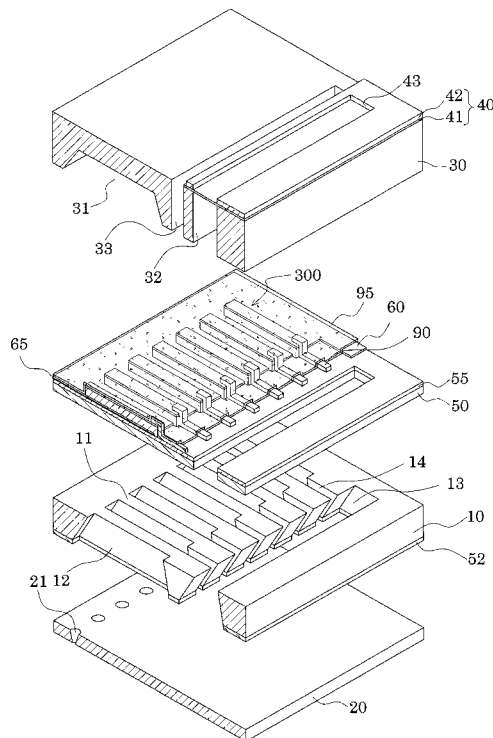
【図 8】本発明の一実施形態に係る記録装置の概略図である。

【符号の説明】

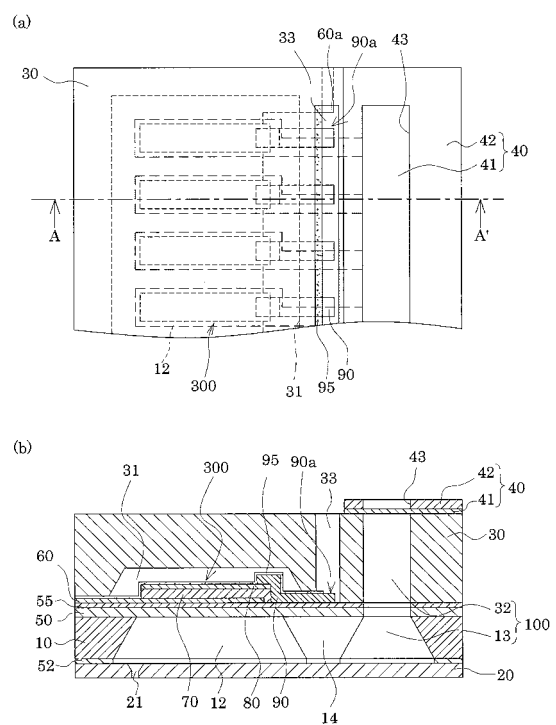
【 0 0 5 6 】

10 流路形成基板、 12 圧力発生室、 13 連通部、 14 インク供給路、
20 ノズルプレート、 21 ノズル開口、 30 保護基板、 31 圧電素子保
持部、 32 リザーバ部、 40 コンプライアンス基板、 60 下電極膜、 65 20
種チタン層、 70 圧電体層、 80 上電極膜、 90 リード電極、 95 絶
縁膜、 100 リザーバ、 300 圧電素子

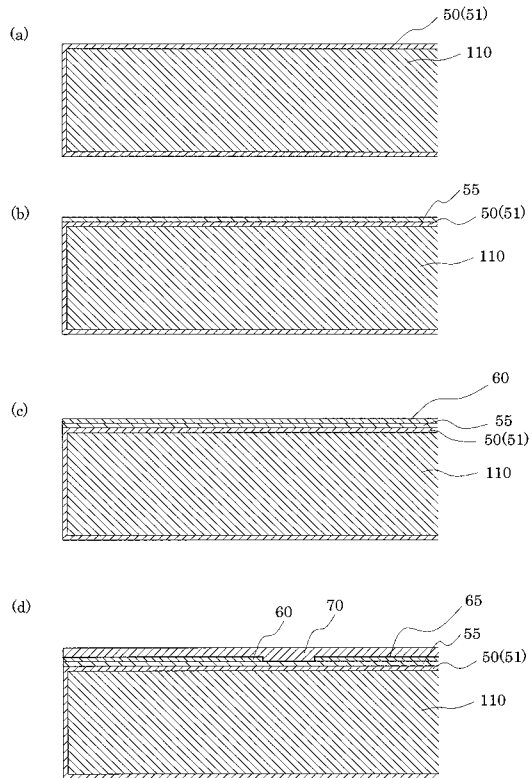
【図 1】



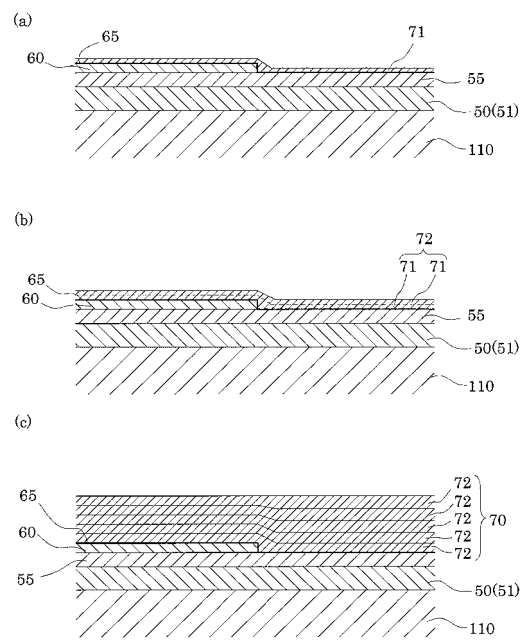
【図 2】



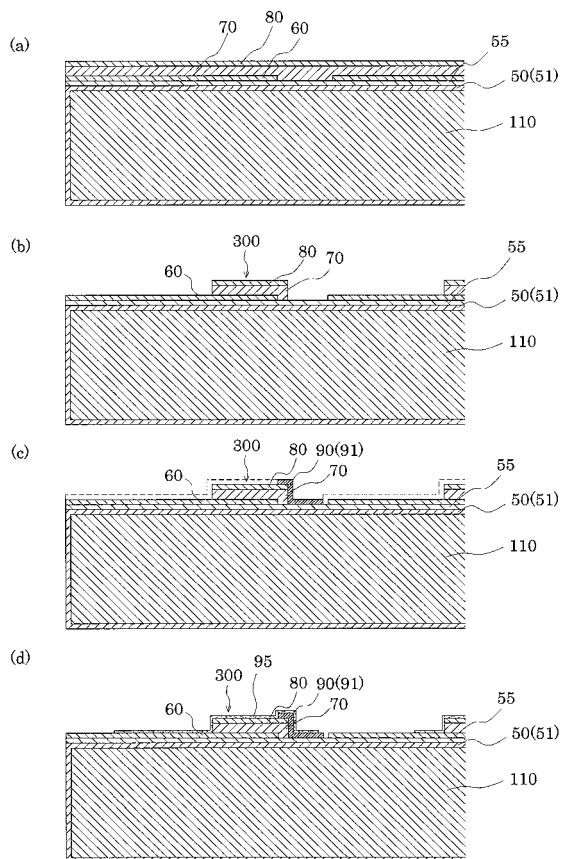
【図 3】



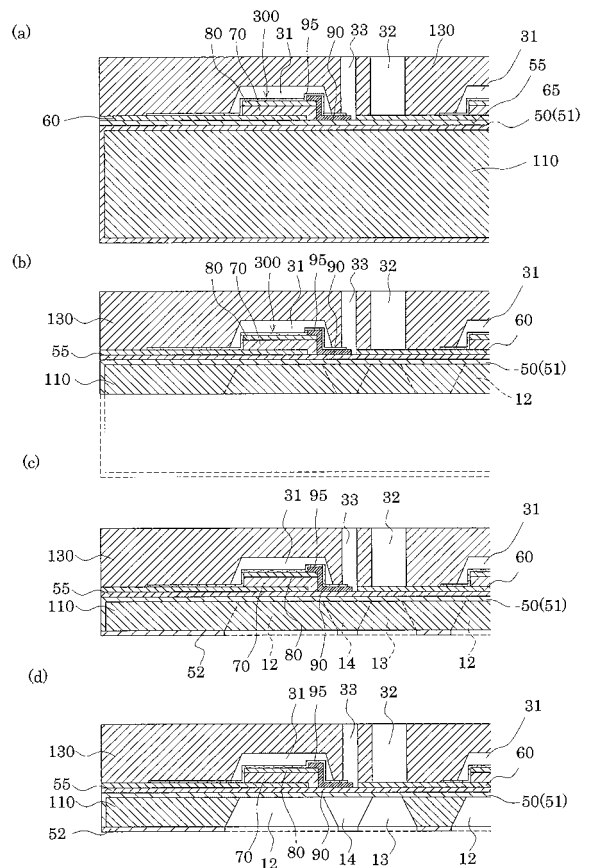
【図 4】



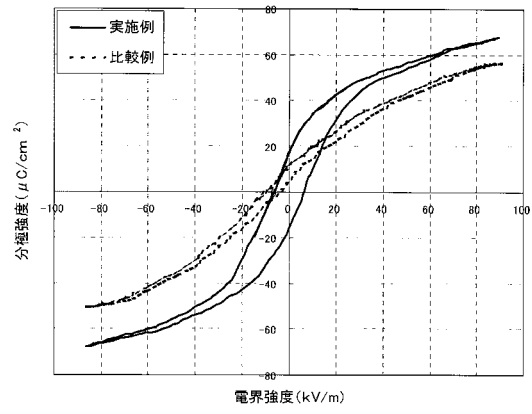
【図 5】



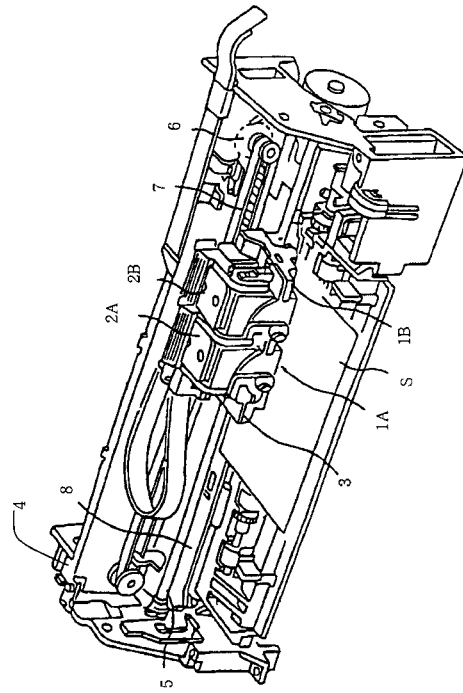
【図 6】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.

F I

テーマコード (参考)

H 0 1 L 41/187 (2006.01)

H 0 1 L 41/18 1 0 1 D

H 0 2 N 2/00 (2006.01)

H 0 1 L 41/18 1 0 1 C

H 0 1 L 41/18 1 0 1 B

H 0 1 L 41/18 1 0 1 J

H 0 2 N 2/00 B