

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4847039号
(P4847039)

(45) 発行日 平成23年12月28日(2011.12.28)

(24) 登録日 平成23年10月21日(2011.10.21)

(51) Int.Cl.	F I	
HO 1 L 41/083 (2006.01)	HO 1 L 41/08	N
HO 1 L 41/187 (2006.01)	HO 1 L 41/08	Q
HO 1 L 41/22 (2006.01)	HO 1 L 41/18	1 O 1 B
B 4 1 J 2/045 (2006.01)	HO 1 L 41/22	Z
B 4 1 J 2/055 (2006.01)	B 4 1 J 3/04	1 O 3 A
請求項の数 20 (全 25 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2005-115428 (P2005-115428)
 (22) 出願日 平成17年4月13日(2005.4.13)
 (65) 公開番号 特開2006-13442 (P2006-13442A)
 (43) 公開日 平成18年1月12日(2006.1.12)
 審査請求日 平成19年2月22日(2007.2.22)
 (31) 優先権主張番号 特願2004-159779 (P2004-159779)
 (32) 優先日 平成16年5月28日(2004.5.28)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 000004064
 日本碍子株式会社
 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号
 (74) 代理人 100088616
 弁理士 渡邊 一平
 (72) 発明者 大森 誠
 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号
 日本碍子株式会社内
 (72) 発明者 木村 浩二
 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号
 日本碍子株式会社内
 審査官 河合 俊英

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧電／電歪構造体及び圧電／電歪構造体の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数のシート状の圧電／電歪体が積層されてなる圧電／電歪構造体であって、前記複数のシート状の圧電／電歪体の積層界面が露出する側面に複数の切欠が形成され、前記切欠が現す凹凸面に沿って、その凹凸状態が表されたままに、1層以上の薄膜が形成されている圧電／電歪構造体。

【請求項2】

前記1層以上の薄膜が、バリア膜、電極膜、絶縁膜、保護膜、防湿膜からなる膜群から選ばれる一の単層膜又は二以上の多層膜で構成される請求項1に記載の圧電／電歪構造体。

【請求項3】

前記バリア膜が酸化物又は窒化物で形成され、前記電極膜が金属又は酸化物で形成され、前記絶縁膜、保護膜、及び防湿膜が、酸化物、窒化物、又は炭化物で形成される請求項2に記載の圧電／電歪構造体。

【請求項4】

前記1層以上の薄膜が、バリア膜と電極膜とを含む多層膜であり、前記圧電／電歪体の表面から、少なくともバリア膜、電極膜の順に成膜されている請求項1に記載の圧電／電歪構造体。

【請求項5】

複数のシート状の圧電／電歪体が積層されてなる圧電／電歪構造体であって、

前記複数のシート状の圧電／電歪体の積層界面が露出する側面に複数の切欠が形成され、前記切欠が現す凹凸面に沿って、その凹凸状態が表されたままに、1層以上の薄膜が形成され、

前記1層以上の薄膜が、絶縁膜、保護膜、防湿膜からなる膜群から選ばれる一の単層膜又は二以上の多層膜で構成されるとともに、

前記薄膜の熱膨張率が前記圧電／電歪体の熱膨張率より小さい圧電／電歪構造体。

【請求項6】

前記絶縁膜、保護膜、及び防湿膜が、酸化物、窒化物、又は炭化物で形成される請求項5に記載の圧電／電歪構造体。

【請求項7】

前記圧電／電歪体の熱膨張率を1としたときの前記薄膜の熱膨張率が0.3乃至0.9である請求項5又は6に記載の圧電／電歪構造体。

【請求項8】

前記1層以上の薄膜が、更に電極膜を含んで構成され、前記圧電／電歪体の表面から、少なくとも電極膜、絶縁膜の順、少なくとも電極膜、保護膜の順、少なくとも電極膜、防湿膜の順、の何れかによって成膜されている請求項5～7の何れか一項に記載の圧電／電歪構造体。

【請求項9】

前記1層以上の薄膜が、尚更にバリア膜を含んで構成される多層膜であり、前記圧電／電歪体の表面から、少なくともバリア膜、電極膜の順に成膜されている請求項8に記載の圧電／電歪構造体。

【請求項10】

前記複数のシート状の圧電／電歪体の間に電極層を備える請求項1～9の何れか一項に記載の圧電／電歪構造体。

【請求項11】

前記切欠の断面形状が、略三角形である請求項1～10の何れか一項に記載の圧電／電歪構造体。

【請求項12】

前記切欠の開口幅が、300μm以下である請求項1～11の何れか一項に記載の圧電／電歪構造体。

【請求項13】

前記切欠の深さが、3乃至50μmである請求項1～12の何れか一項に記載の圧電／電歪構造体。

【請求項14】

アスペクト比が、5乃至100である請求項1～13の何れか一項に記載の圧電／電歪構造体。

【請求項15】

2つの側壁と、前記2つの側壁を接続する蓋板及び底板と、によって形成されたセルが複数備わり、少なくとも前記2つの側壁が、請求項1～14の何れか一項に記載の圧電／電歪構造体で構成され、前記圧電／電歪構造体の変位によって前記セルの容積が変化するセル駆動型圧電／電歪アクチュエータ。

【請求項16】

圧電／電歪材料からなる複数のセラミックグリーンシートを積層し焼成して、その複数のセラミックグリーンシートに基づく積層界面が露出する側面に複数の切欠が形成された圧電／電歪焼成体を得る工程と、

得られた前記圧電／電歪焼成体の、前記積層界面が露出する側面に形成された、前記切欠が現す凹凸面に沿って、その凹凸状態が表されたままに、CVD成膜法によって、1層以上の薄膜を形成して圧電／電歪構造体を得る工程と、

を有する圧電／電歪構造体の製造方法。

【請求項17】

10

20

30

40

50

前記薄膜の成膜温度が、150乃至850 である請求項16に記載の圧電/電歪構造体の製造方法。

【請求項18】

前記薄膜の成膜圧力が、0.1乃至20000Paである請求項16又は17に記載の圧電/電歪構造体の製造方法。

【請求項19】

前記1層以上の薄膜が、バリア膜、電極膜、絶縁膜、保護膜、防湿膜からなる膜群から選ばれる一の単層膜又は二以上の多層膜で構成される請求項16～18の何れか一項に記載の圧電/電歪構造体の製造方法。

【請求項20】

前記1層以上の薄膜が、絶縁膜、保護膜、防湿膜からなる膜群から選ばれる一の単層膜又は二以上の多層膜で構成され、

前記CVD成膜法にかかるCVD材料として、アルコキシド系有機金属化合物、乃至、ジケトン系有機金属化合物を使用する請求項16～19の何れか一項に記載の圧電/電歪構造体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数のシート状の圧電/電歪体が積層された積層構造を有する圧電/電歪構造体と、グリーンシート積層法及びCVD成膜法を利用した圧電/電歪構造体の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

プリンタ、ファクシミリ、コピー機、その他の印刷機器にノンインパクト方式が採用されるようになって久しい。近時は、特に小型のプリンタの殆どにおいてノンインパクト方式が採用され、高性能なインクジェットヘッドによって銀塩写真の如く鮮明な画像が紙の上に再現されるようになってきている。ノンインパクト方式の印刷機器の代表的なインクジェットヘッドとしては、圧電方式のものが知られている。圧電方式のインクジェットヘッドは、多数の圧電/電歪作動部を具備するアクチュエータで構成されるものであり、インクの吐出にその圧電/電歪作動部の変位を利用するものである。

【0003】

図13は、インクジェットヘッドの一例を示す斜視図である。図示されるインクジェットヘッド130は、ノズル138が形成されたノズル板139によって、アクチュエータ131のインク室135を塞いで構成される。アクチュエータ131のインク室135は、圧電/電歪作動部134が側壁136となつて、基板132及び蓋板137とともに形成するセル133により構成され、図示しないインク供給路に連通する。インクジェットヘッド130において、各圧電/電歪作動部134（各側壁136）に駆動電圧が印加され、各インク室135（各セル133）に容積変化が発生することにより、インクがノズル138から吐出して、印字、印刷が行われる。尚、アクチュエータを用いたインクジェットヘッドの参考文献として、例えば特許文献1が挙げられる。

【0004】

ところで、より鮮明な印刷の実現という印刷機器に対する目標には限りがなく、圧電方式のインクジェットヘッド（アクチュエータ）に対しては、圧電/電歪作動部134（側壁136）及びインク室135（セル133）の配置密度の更なる向上が求められている。現在、インク室135は、少なくとも180dpi（dot per inch）の密度で配置することが要望されている。この場合、ノズル138のピッチは141μm/個（=25.4mm（1インチ）/180個）になるが、このようにノズル138のピッチが小さくなれば、各インク室135（各セル133）の幅W（図13参照）、及び、インク室135を形成する各圧電/電歪作動部134（各側壁136）の厚さT（図13参照）は、ともに小さくなる。他方、インク室135の体積を確保するためには、その幅Wが

10

20

30

40

50

狭くなる分だけ、その深さD（高さ）を大きくする必要がある（通常、インク室135の深さは圧電/電歪作動部134の高さに等しく一定である）。即ち、圧電/電歪作動部134（側壁136）及びインク室135（セル133）の配置密度を大きくすることは、圧電/電歪作動部4のアスペクト比（ $=D/T$ ）及びインク室135のアスペクト比（ $=D/W$ ）が大きくなることを意味する。各インク室135において、その幅Wではなく奥行き（長手方向）を大きくすることによっても体積を確保することは可能であるが、アクチュエータ全体としての実装面積の拡大につながるため、好ましい方法ではない。

【0005】

インクジェットヘッドを構成する上記のような圧電/電歪作動部を備えるアクチュエータは、グリーンシート積層法により形成された積層体を焼成することで作製することが出来る。図14(a)～図14(c)は、図13に示されるインクジェットヘッド130を構成するアクチュエータ131を製造する工程を示す説明図である。

10

【0006】

先ず、圧電材料にバインダ、溶剤、分散剤、可塑剤等の添加剤を混合して得られるスラリーを用いて、ドクターブレード法等の手法によってグリーンシートを得る。そのグリーンシートに打抜加工等を施して所定形状のグリーンシート16を得て、基板132とともに圧力をかけて積層し、セラミックグリーン積層体143を得る（図14(a)及び図14(b)参照）。得られたセラミックグリーン積層体143を、焼成し、必要に応じ分極処理を施し、必要な配線を行い、蓋板137を取り付ければ、アクチュエータ131を得ることが出来る（図14(c)参照）。尚、電極の形成は、必要に応じ、適宜、行うことが出来る。

20

【特許文献1】特許第3217006号公報

【特許文献2】特開2002-160195号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、このようなグリーンシート積層法により作製されるアクチュエータは、グリーンシートを積層した積層体を焼成したものであるが故に、その積層されたグリーンシートに基づく積層界面を起点として破壊が起こる場合があった。その理由について図2及び図3により説明する。

30

【0008】

図2は、図14(b)に示される焼成前のセラミックグリーン積層体143の部分Aを表す断面図であり、その部分Aは、アクチュエータの圧電/電歪作動部（側壁）及びインク室（セル）に相当する部分である。図3は、図2に示されるセラミックグリーン積層体143の部分Aの更に一部分を拡大した断面図である。グリーンシート積層法における打抜加工の際に、グリーンシート16の端面はテーパ状になり（テーパ状になる理由について特許文献2を参照）、セラミックグリーン積層体143の側面（図2及び図3における垂直面）には、積層されたグリーンシート16に基づく切欠25が発現する。又、図3に示されるように、グリーンシート16の積層ズレも生じ得る（積層ズレが生じる理由について特許文献2を参照）。そうすると、積層されたグリーンシート16を一体化させるべく圧力Pをかけても、切欠25の深さが異なることによってグリーンシート16の積層界面に、密着しない未接合部32が生じてしまう。セラミックグリーン積層体143を焼成して得られるアクチュエータ131において、この未接合部32を起点にクラックが進展し、又、例えば切欠が設けられた側面に一對の電極膜を形成し、この電極膜の間に電圧をかけることによってアクチュエータ131の圧電/電歪作動部が発現する変位に伴う応力負荷も手伝って、破壊に至るのである。特に、グリーンシート16の間に電極層を挟んだ積層体を焼成して得られるアクチュエータの場合には、層間界面がセラミックスと金属とで構成されることになるから、セラミックス同士の界面に比べ、層間の結合力が弱く、より破壊し易くなる。

40

【0009】

50

このような問題は、アクチュエータの圧電/電歪作動部(側壁)のアスペクト比が大きくなる(高アスペクト比化する)につれて、ますます顕在化する。その理由は、グリーンシートを積層するための圧力を高くし過ぎると、積層体が座屈してしまうからである。座屈荷重は圧電/電歪作動部の高さの二乗に反比例するから、圧電/電歪作動部が高アスペクト比になると急激に座屈荷重が下がる。従って、積層体を得るべくグリーンシートを一体化させる際の圧力を下げざるを得ない。そうすると、積層ズレの生じていないグリーンシートの開口断面においても未接合部が生まれ易くなる。又、高アスペクト比になって圧電/電歪作動部の幅が狭くなるに従い、未接合部が強度に及ぼす影響は大きくなるから、容易に破壊に至る場合がある。このようなアクチュエータの破壊は、インクジェットヘッドにおいてインク室(セル)からインク漏れが発生することを意味するから、印刷機器の信頼性を著しく貶めることになる。

10

【0010】

本発明は、上記した従来技術の抱える課題に鑑みてなされたものであって、その目的とするところは、近時の印刷機器に求められる高解像度の要望に対応すべく、インク室が高密度に配置され、且つ、信頼性の高いインクジェットヘッドを提供可能にすることである。研究が重ねられた結果、グリーンシート積層法によって作製される際に生じる積層界面が露出する側面に、緻密な薄膜を形成し、クラックの起点となる未接合部を埋設して固定し、強度向上を図ることによって、課題を解決し得ることが見出された。より具体的には、以下に示す圧電/電歪構造体をアクチュエータとして適用することにより、上記目的を達成することが可能である。又、本発明は、上記目的が達成可能な圧電/電歪構造体を作製可能な新たな圧電/電歪構造体の製造方法を提供することを、別の目的としている。この目的は、以下に示す圧電/電歪構造体の製造方法により達成される。

20

【課題を解決するための手段】

【0011】

即ち、本発明によれば、複数のシート状の圧電/電歪体が積層されてなる圧電/電歪構造体であって、複数のシート状の圧電/電歪体の積層界面が露出する側面に複数の切欠が形成され、その切欠が現す凹凸面に沿って1層以上の薄膜が形成されている圧電/電歪構造体が提供される(第1の圧電/電歪構造体ともいう)。

【0012】

第1の圧電/電歪構造体において、1層以上の薄膜が、バリア膜、電極膜、絶縁膜、保護膜、防湿膜からなる膜群から選ばれる一の単層膜又は二以上の多層膜で構成されることが好ましい。そして、薄膜の構成要素であるそれぞれの膜は、バリア膜が酸化物又は窒化物で形成され、電極膜が金属又は酸化物で形成され、絶縁膜、保護膜、及び防湿膜が、酸化物、窒化物、又は炭化物で形成されることが好ましい。

30

【0013】

又、第1の圧電/電歪構造体において、1層以上の薄膜が、バリア膜と電極膜とを含む多層膜であり、圧電/電歪体の表面から、少なくともバリア膜、電極膜の順に成膜されていることが好ましい。

【0014】

次に、本発明によれば、複数のシート状の圧電/電歪体が積層されてなる圧電/電歪構造体であって、複数のシート状の圧電/電歪体の積層界面が露出する側面に複数の切欠が形成され、その切欠が現す凹凸面に沿って1層以上の薄膜が形成され、その1層以上の薄膜が、絶縁膜、保護膜、防湿膜からなる膜群から選ばれる一の単層膜又は二以上の多層膜で構成されるとともに、薄膜の熱膨張率が圧電/電歪体の熱膨張率より小さい圧電/電歪構造体が提供される(第2の圧電/電歪構造体ともいう)。

40

【0015】

第2の圧電/電歪構造体において、絶縁膜、保護膜、及び防湿膜は、酸化物、窒化物、又は炭化物で形成されることが好ましい。

【0016】

又、第2の圧電/電歪構造体において、圧電/電歪体の熱膨張率を1としたときの薄膜

50

の熱膨張率が0.3乃至0.9であることが好ましい。

【0017】

即ち、好ましい熱膨張率比（圧電／電歪体の熱膨張率に対する薄膜の熱膨張率の比率）が0.3乃至0.9である。熱膨張率比は、より好ましくは0.35乃至0.85であり、更に好ましくは0.4乃至0.8である。尚、第2の圧電／電歪構造体において、薄膜は、絶縁膜、保護膜、防湿膜のうちの何れか一又は二以上の膜を含むから、薄膜の熱膨張率とは、薄膜に含まれる絶縁膜、保護膜、防湿膜の全ての熱膨張率を指し、圧電／電歪体の熱膨張率を1としたときの薄膜の熱膨張率が0.3乃至0.9であるとは、薄膜に含まれる絶縁膜、保護膜、防湿膜の全ての熱膨張率が、この条件を満たすことを意味する。又、圧電／電歪体の熱膨張率とは、圧電／電歪体を構成する圧電／電歪材料の熱膨張率である。

10

【0018】

又、第2の圧電／電歪構造体において、1層以上の薄膜が、更に電極膜を含んで構成され、圧電／電歪体の表面から、少なくとも電極膜、絶縁膜の順、少なくとも電極膜、保護膜の順、少なくとも電極膜、防湿膜の順、の何れかによって成膜されていることが好ましい。

【0019】

第2の圧電／電歪構造体においては、薄膜に電極膜が含まれる場合に、1層以上の薄膜が、尚更にバリア膜を含んで構成される多層膜であり、圧電／電歪体の表面から、少なくともバリア膜、電極膜の順に成膜されていることが好ましい。

20

【0020】

第1の圧電／電歪構造体及び第2の圧電／電歪構造体（両方を指すときに単に本発明に係る圧電／電歪構造体ともいう）は、複数のシート状の圧電／電歪体の間に電極層を備える態様を好適に採用出来る。

【0021】

本発明に係る圧電／電歪構造体において、切欠とは、圧電／電歪構造体自体の一部が切り取られて形成された実体のない開口部分をいう。

【0022】

その切欠の具体的形状は限定されるものではないが、より好ましい切欠の断面形状は、概ね三角形である。切欠の断面形状が三角形である場合において、更に好ましくは、切欠の最深部が鋭角に形成されている態様である。切欠の最深部とは、その切欠において圧電／電歪構造体の側面にかかる表平面から最も離れた部分をいう。断面形状とは、圧電／電歪構造体を構成するシート状の圧電／電歪体の面方向に垂直な断面に現される形状である。そのような断面は複数あり得るが、何れかの断面において、概ね三角形として現されれば好ましい形状といえる。尚、圧電／電歪構造体の側面にかかる表平面とは、切欠が設けられていないとした場合の圧電／電歪構造体の側面にかかる表面を指す。

30

【0023】

又、切欠の開口幅が、300 μ m以下であることが好ましい。切欠の開口幅の下限は限定されるものではないが、精度よく形成するためには、5 μ m以上の開口幅を必要とする。

40

【0024】

更に、切欠の深さが、3乃至50 μ mであることが好ましい。

【0025】

切欠の開口幅とは、圧電／電歪構造体の側面に形成された切欠の開口の輪郭線に内接する円の直径をいう。切欠の深さとは、圧電／電歪構造体の側面にかかる表平面から、最深部まで、即ち、その切欠において圧電／電歪構造体の側面にかかる表平面から最も離れた部分まで、の長さをいう。

【0026】

本発明に係る圧電／電歪構造体において、切欠とは、意図的に設けられたものであって、製造上の欠陥等により偶発的に存在するものではない。切欠は、限定されるものではない。

50

いが、圧電／電歪構造体における複数のシート状の圧電／電歪体の積層界面が露出する全ての側面に形成されていることが好ましい。

【0027】

本発明に係る圧電／電歪構造体において、切欠が現す凹凸面に沿って1層以上の薄膜が形成されている、とは、切欠が形成される結果として、複数のシート状の圧電／電歪体が積層されてなる圧電／電歪構造体において、その複数のシート状の圧電／電歪体の積層界面が露出する側面が凹凸面となり、その凹凸状態が表されたままに、即ち、塗布されて出来た膜の如く凹凸を埋めて平坦にならずに、薄い膜が形成されている、ことを意味する。

【0028】

本発明に係る圧電／電歪構造体は、そのアスペクト比が、5乃至100であることが好ましい。より好ましいアスペクト比は7乃至100であり、更に好ましくは10乃至100である。尚、圧電／電歪構造体のアスペクト比とは、高さと短手方向の幅との比を指し、高さ／短手方向の幅、で示される。

10

【0029】

次に、本発明によれば、2つの側壁と、その2つの側壁を接続する蓋板及び底板と、によって形成されたセルが複数備わり、少なくとも2つの側壁が、上記した何れかの圧電／電歪構造体で構成され、その圧電／電歪構造体の変位によってセルの容積が変化するセル駆動型圧電／電歪アクチュエータが提供される。このセル駆動型圧電／電歪アクチュエータでは、特に、2つの側壁が上記した好ましいアスペクト比の条件に合う薄く背の高い圧電／電歪構造体で構成されることが望ましい。このセル駆動型圧電／電歪アクチュエータをインクジェットヘッドとして適用すると、2つの側壁が圧電／電歪作動部に相当し、それが形成するセルがインク室に相当し、圧電／電歪作動部及びインク室の高密度化が図れ、より鮮明な印刷の実現が望まれる近時の印刷機器用のインクジェットヘッドとして好適なものになる。

20

【0030】

次に、本発明によれば、圧電／電歪材料からなる複数のセラミックグリーンシートを積層し焼成して、圧電／電歪焼成体を得る工程と、得られた圧電／電歪焼成体の、複数のセラミックグリーンシートに基づく積層界面が露出する側面に、CVD成膜法によって、1層以上の薄膜を形成して圧電／電歪構造体を得る工程と、を有する圧電／電歪構造体の製造方法が提供される。尚、本明細書において、セラミックグリーンシートを、単にグリーンシートともいう。

30

【0031】

本発明に係る圧電／電歪構造体の製造方法においては、薄膜の成膜温度が、150乃至850であることが好ましい。成膜温度は、より好ましくは180乃至800であり、更に好ましくは200乃至750である。

【0032】

又、薄膜の成膜圧力が、0.1乃至20000Paであることが好ましい。成膜圧力は、より好ましくは0.2乃至18000Paであり、更に好ましくは0.3乃至15000Paである。

【0033】

本発明に係る圧電／電歪構造体の製造方法において、1層以上の薄膜が、絶縁膜、保護膜、防湿膜からなる膜群から選ばれる一の単層膜又は二以上の多層膜で構成され、CVD成膜法にかかるCVD材料として、アルコキシド系有機金属化合物、乃至、ジケトン系有機金属化合物を使用することが好ましい。

40

【0034】

本発明に係る圧電／電歪構造体の製造方法において、1層以上の薄膜が、バリア膜、電極膜、絶縁膜、保護膜、防湿膜からなる膜群から選ばれる一の単層膜又は二以上の多層膜で構成されることが好ましい。

【0035】

尚、本明細書において、圧電／電歪と表現しているが、電界によって誘起される歪みを

50

利用し得る構造体であって、狭義の意味での、印加電界に概ね比例した歪み量を発生する圧電効果（縦効果、横効果）及び印加電界の二乗に概ね比例した歪み量を発生する電歪効果を利用するものに限定されるものではなく、強誘電体材料全般にみられる分極反転、反強誘電体材料にみられる反強誘電相 - 強誘電相転移、等の現象を利用し得るものも含まれる。分極にかかる処理が行われるか否かについては、本発明に係る圧電 / 電歪構造体を構成する圧電 / 電歪材料の性質に基づいて適宜決定される。

【 0 0 3 6 】

又、本明細書において、圧電 / 電歪体とは、主に圧電 / 電歪材料からなる定形体であって、焼成されたものを指す。本発明においては、圧電 / 電歪構造体を構成する圧電 / 電歪体はシート状である。このシート状の圧電 / 電歪体の積層数は、複数であればよく限定され 10
ない。高変位且つ低駆動電圧の特性を有する高性能なアクチュエータとして適用するためには、シート状の圧電 / 電歪体はより薄く、その積層数は、より多いことが好ましい。

【 0 0 3 7 】

更に、図面において、積層体が焼成積層体（圧電 / 電歪焼成体）であるかセラミックグリーン積層体（グリーンシートの積層体）であるかを問わずに、積層界面を実線で表す場合があるが、これは説明の便宜上示すものであって、焼成後の焼成積層体においては、同種材料であるグリーンシートは一体化されているため、焼成前には存在したシート間の界面は実際には存在しない。

【 発明の効果 】

【 0 0 3 8 】

本発明に係る（第 1 及び第 2 の）圧電 / 電歪構造体は、複数のシート状の圧電 / 電歪体の積層界面が露出する側面に薄膜が形成されているので、構造体としての強度が向上しており、例え積層ズレ等によって、複数のシート状の圧電 / 電歪体の積層界面に、未接合部が生じて 20
も、クラックの起点となり難く、長期間の信頼性に優れたものになる。

【 0 0 3 9 】

又、複数のシート状の圧電 / 電歪体の積層界面が露出する側面に、複数の切欠が形成されているので、焼成にかかる残留応力が抑制され、更に、薄膜が、塗布法によって形成される膜の如く、その切欠が現す凹凸面の凹凸を平面化するような厚い膜ではなく、凹凸を表しつつ、その切欠が現す凹凸面に沿って形成された薄い膜であるため、複数のシート状の圧電 / 電歪体の積層界面にはたらく応力が小さくなり、クラック自体の発生が抑制され 30
、ますます長期間の信頼性が向上する。

【 0 0 4 0 】

そして、このことは、本発明に係る圧電 / 電歪構造体が、グリーンシートの中に電極層を挟んで焼成一体化したものである場合、即ち、シート状の圧電 / 電歪体の間に電極層を備える態様である場合において、特に、効果的である。一般的には、このような態様は層間界面がセラミックス（圧電 / 電歪材料）と金属（材料）とで構成されるから、セラミックス同士の積層に比べ、層間の結合力が弱く、より破壊され易い。しかし、本発明に係る圧電 / 電歪構造体によれば、側面に薄膜が形成されることで、破壊が抑制される。

【 0 0 4 1 】

本発明に係る圧電 / 電歪構造体は、限定されるものではないが、本発明に係る圧電 / 電歪構造体の製造方法によって作製することが好ましい。本発明に係る圧電 / 電歪構造体の製造方法によれば、グリーンシート積層法によって、複数のシート状の圧電 / 電歪体の積層界面が露出する全ての側面に切欠が形成され、CVD成膜法によって、外部に露出する複数のシート状の圧電 / 電歪体の積層界面に、緻密な薄膜が形成される。従って、積層界面が確実に保護され、構造体として十分な強度を有するものになる。又、薄膜が極薄いから、切欠が作り出す凹凸面の凹凸を埋めて平面化することなく、積層界面への応力緩衝作用を発現し、上記本発明に係る圧電 / 電歪構造体が導く効果を十分に享受出来るものになる。 40

【 0 0 4 2 】

本発明に係る圧電 / 電歪構造体は、電極膜を設ける場合には、好ましくは、圧電 / 電歪 50

体の表面上に、更に拡散防止用のバリア膜が設けられる。こうすると、電極膜を形成した後絶縁膜、保護膜、防湿膜の何れか一の単層膜又は二以上の多層膜を形成しても、電極膜の成分が圧電/電歪体の中へ拡散したり、逆に圧電/電歪体の成分が電極膜へ拡散することにより圧電/電歪特性を劣化させるおそれがない。

【0043】

本発明に係る第2の圧電/電歪構造体は、絶縁膜、保護膜、防湿膜のうち一の単層膜又は二以上の多層膜で構成される1層以上の薄膜の熱膨張率が、圧電/電歪体の熱膨張率より小さいため、成膜の後において、薄膜と圧電/電歪体との間の熱膨張率差に起因する残留応力として、薄膜には圧縮応力が残留し、圧電/電歪体(圧電/電歪構造体)には引張応力が残留する傾向になる。一般に、セラミックス(圧電/電歪材料)は、引張応力に弱く、圧縮応力に強い性質を有するため、薄膜にかかる応力を圧縮応力とすることによって、薄膜自体が破壊され難い安定したものになる。

10

【0044】

他方、引張応力がかかる圧電/電歪体においても、応力がかかる方向を微視的にみると、複数のシート状の圧電/電歪体が積層された圧電/電歪構造体としての側面に切欠を有することから、引張応力は、複数のシート状の圧電/電歪体による積層界面の方向に対し、垂直方向にかからずに、応力緩衝作用がはたらく。従って、圧電/電歪構造体としての耐久性も向上し、好適である。又、アクチュエータ等に应用された際に、薄膜が極薄いものであるので変位に対する拘束力が極小さく、変位発生部(圧電/電歪作動部)になる圧電/電歪構造体が、容易に変位を発生し易く、少なくとも変位を妨げる応力を最小限のものとするようになるので、大きなインク吐出力を所望されるインクジェットヘッド等として好適である。

20

【0045】

本発明に係る圧電/電歪構造体は、以上の効果を有するものであるから、信頼性を保持し又は向上させた上で、そのアスペクト比をより大きくすることが可能である。即ち、アスペクト比を大きくすると、座屈荷重が小さくなり圧電/電歪構造体を得る際に大きな圧力をかけられないが、そうであっても、構造体の強度は、より高く保持され、破壊され難い。

【0046】

本発明に係る圧電/電歪構造体であって高アスペクト比のものを、インクジェットヘッドを構成するアクチュエータの側壁(圧電/電歪作動部)として適用することにより、信頼性が高く高解像度を実現し得るインクジェットヘッドの提供が可能となる。インクジェットヘッドにおいて、圧電/電歪作動部(側壁)を高アスペクト比にすると、その間のインク室(セル)の体積を確保しつつ、実装面積を拡大することなく圧電/電歪作動部及びインク室の配置密度を向上出来るからである。

30

【0047】

又、高アスペクト比な圧電/電歪構造体は、一定の駆動電圧で、より大きな変位が得られるので、本発明に係る圧電/電歪構造体であって高アスペクト比のものを、DNAチップ製造装置等における液体吐出機構を構成するアクチュエータの圧電/電歪作動部として適用することにより、セル(液体室)の体積変動を大きくすることが出来、液体吐出量をより多くすることが可能である。このことは、換言すれば、変位量(吐出量)を同じとすれば、より低い(小さい)電圧で駆動出来ることを意味するから、本発明に係る圧電/電歪構造体の採用により、より省エネルギーな液体吐出機構が実現される。更に、高アスペクト比な圧電/電歪構造体は、変位と発生力を両立する上でも有利であり、大きな発生力で体積変動を大きく出来るため、高粘度な液体も確実に吐出することが可能である。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0048】

以下、本発明の圧電/電歪構造体及び圧電/電歪構造体の製造方法について、適宜、図面を参照しながら、実施の形態を説明するが、本発明はこれらに限定されて解釈されるべきものではない。本発明の要旨を損なわない範囲で、当業者の知識に基づいて、種々の変

50

更、修正、改良、置換を加え得るものである。例えば、図面は、好適な本発明の実施の形態を表すものであるが、本発明は図面に表される態様や図面に示される情報により制限されない。本発明を実施し又は検証する上では、本明細書中に記述されたものと同様の手段若しくは均等な手段が適用され得るが、好適な手段は、以下に記述される手段である。

【0049】

先ず、本発明に係る圧電／電歪構造体について説明する。図1(a)は、本発明に係る圧電／電歪構造体の一実施形態を示す図であり、それを構成要素として含むインクジェットヘッドを表す斜視図である。又、図1(b)は、図1(a)に示されるインクジェットヘッド1を切断線100で切断した場合の断面図である。図1(a)、図1(b)に示されるインクジェットヘッド1は、アクチュエータ11と、ノズル8が開いたノズル板9と

10

【0050】

アクチュエータ11は、2つの側壁6と、その2つの側壁6を接続するノズル板9(蓋板に相当する)及び底板2と、によって形成された概ね直方体形状をなすセル3を複数備えるものである。2つの側壁6は、本発明に係る圧電／電歪構造体により、圧電／電歪作動部4として構成され、その圧電／電歪作動部4(圧電／電歪構造体)の変位によって、セル3の容積が変化する。尚、複数のセル3の間の空間は、ダミーセル15として構成される。インクジェットヘッド1では、セル3はインク室5(液体加圧室)として用いられ、

20

【0051】

本発明に係る圧電／電歪構造体は、複数のシート状の圧電／電歪体が積層された構造体であるが、種々の態様があり、例えば、シート状の圧電／電歪体の積層態様、あるいは変位を生じる圧電／電歪作動部として機能させるべく電界をかけるための電極の形成態様、等によって分類することが出来る。以下、インクジェットヘッド1のアクチュエータ11として適用可能な圧電／電歪構造体を例示して説明する。

【0052】

(1)縦積み型

複数のシート状の圧電／電歪体が縦方向に積層されたタイプの圧電／電歪構造体である。積層方向である縦方向とは、別言すれば、構成要素である圧電／電歪作動部の高さ方向に相当する方向である。

30

【0053】

図5(a)は、縦積み型の圧電／電歪構造体の一実施形態を示す図であり、図1(b)と同様の断面図であり、セル周辺を拡大し、側壁等に薄膜が形成されている様子を表した図である。図5(b)は、図5(a)に示される圧電／電歪構造体の、複数のシート状の圧電／電歪体の積層界面が露出する側面近傍の部分拡大図である。圧電／電歪構造体51は、側壁6を構成する圧電／電歪作動部4が、複数の圧電／電歪体14と電極層18,19とが交互に縦方向に積層されてなり、1つおきのセル3を形成する側壁6に共通電極として電極膜28,1つおきのダミーセル15を形成する側壁6に個別電極として電極膜29が形成されている。電極層18,19の端部は、それぞれ一方において圧電／電歪体14内に埋設され、他方において圧電／電歪体14から露出し、電極層18は電極膜28と接続され、電極層19は電極膜29と接続される。セル3に対面する電極膜28の上には保護膜17が形成され、ダミーセル15に対面する電極膜29の上には絶縁膜177が形成される。保護膜17は、例えばセル3に腐食性液体が充填される場合には、電極膜28を保護するための膜としてのはたらき、絶縁膜177は、電極膜29を絶縁する膜としてのはたらき。尚、これら保護膜と絶縁膜は、両者の効果が得られる材料を選択して、何れもが同一の単層膜とすることが望ましい。

40

【0054】

50

尚、電極膜 28, 29 は圧電 / 電歪体 14 の中に設けることが可能であり、その場合には、例えばセル 3 に腐食性液体が充填される場合に、保護膜 17 は電極膜 18 を保護するための膜としてはたらき、絶縁膜 177 は、電極膜 19 を絶縁するための膜としてはたらく。電極膜 28, 29 及び上記のような膜で構成される保護膜 17、絶縁膜 177 が形成される場合には、側壁 6 には電極膜 28, 29 より先に (下面に) バリア膜が形成されてもよい (図示しない)。

【0055】

圧電 / 電歪構造体 51 は、図 5 (b) に示されるように (図 5 (a) では表現を省いている)、複数の圧電 / 電歪体 14 の積層界面が露出しセル 3 に対面する側の側面に、複数の切欠 25 が形成され、その切欠 25 が現す凹凸面に沿って、図 5 (b) に示される切欠 25 の断面形状そのままに、電極膜 28 及び保護膜 17 が形成されている。電極膜 28 及び保護膜 17 は、切欠 25 の深さに比較して相対的に薄く、切欠 25 を埋めて側壁 6 の表面を平面にすることがなく、本発明に係る圧電 / 電歪構造体の特徴を表している。図示しないが、ダミーセル 15 に対面する側の側面でも、同様に切欠 25 が形成され、同様に切欠 25 が現す凹凸面に沿って電極膜 29 及び絶縁膜 177 が形成されている。

10

【0056】

尚、切欠の深さ及び開口幅について図 15 を参照して説明する。図 15 は、電極層及び薄膜を省いた圧電 / 電歪構造体の断面を示す図である。図 15 に示されるように、切欠の開口幅 A は、シート状の圧電 / 電歪体 14 の高さに相当する。又、切欠の深さ B は、圧電 / 電歪構造体 51 の表平面 150 から切欠の最深部 P までの長さになる。

20

【0057】

ここで、切欠が形成されていることに基づく効果を、図 11 (a) 及び図 11 (b) を参照して説明する。図 11 (a) は、図 5 (b) と同様に、圧電 / 電歪構造体における複数のシート状の圧電 / 電歪体 14 の積層界面が露出する側面の部分拡大図であり、その側面に複数の切欠 25 が形成され、保護膜等の薄膜 110 が成膜されている様子が示されている。図 11 (b) は、切欠が形成されていないとした場合の同側面の部分拡大図である。図 11 (b) は、例えばダイシング等の機械加工により圧電 / 電歪構造体を作製した場合にみられる形態である。

【0058】

例えば、焼成して得られる圧電 / 電歪構造体において、シート状の圧電 / 電歪体 14 の熱膨張率より薄膜 110 の熱膨張率が小さい場合には、このように切欠 25 が形成されていると、圧電 / 電歪構造体側にかかる残留応力は、図 11 (a) 中の矢印で示される方向にはたらくから、複数のシート状の圧電 / 電歪体 14 の積層界面に対して一定の角度をもった力となり、より弱いものになる。即ち、積層界面近傍でのクラックの発生が抑制される。一方、切欠が形成されていない側面が平面である場合には、圧電 / 電歪構造体側にかかる残留応力は、図 11 (b) 中の矢印で示される方向にはたらく、複数のシート状の圧電 / 電歪体の積層界面に対して、より直接的にはたらくから、より積層界面近傍においてクラックが発生し易くなる。

30

【0059】

図 5 (a)、図 5 (b) に示される圧電 / 電歪構造体 51 は、側壁 6 を構成する圧電 / 電歪作動部 4 毎に圧電 / 電歪体 14 を 8 層有している。本発明に係る圧電 / 電歪構造体では、シート状の圧電 / 電歪体の積層数は、用途、目的によって適宜決められることとなるが、製造容易性を考慮し、好ましいシート状の圧電 / 電歪体の積層数は 2 乃至 300 程度である。

40

【0060】

圧電 / 電歪構造体 51 において、シート状の圧電 / 電歪体 14 は、例えば電極層 18 から電極層 19 へ向けた方向 (図 5 (a) 中において上下方向) に分極されている (挟まれる電極層により各圧電 / 電歪体 14 毎に分極方向が異なる)。そして、電極膜 28, 29 を介して、電極層 18 側を正、電極層 19 側を負にして電極層 18, 19 間に電圧を印加することにより、先に記した分極方向と同じ方向の電界が形成される。換言すれば、圧電

50

／電歪構造体 5 1 は、分極が互いに反対方向の圧電／電歪体 1 4 が電極層 1 8 , 1 9 を挟んで積層されてなり、各々の圧電／電歪体 1 4 においては、分極と駆動電界とが同一方向になっている。その結果、圧電／電歪体 1 4 には電界誘起歪みが発現し、その縦効果による変位に基づき、圧電／電歪作動部 4 は、圧電／電歪体 1 4 が電極層 1 8 , 1 9 で挟まれる部分においては図 5 (a) 中において概ね上下方向に（底板 2 に対し垂直に）伸縮しようとする。この圧電／電歪体 1 4 の変位は、電界誘起歪みを直接利用しているので、発生力が大きく応答速度も速い。個々の圧電／電歪体 1 4 が発現する変位量は大きなものではないが、積層数に比例した変位量となるので、積層数を増やすことによって大変位を得ることが可能である。

【 0 0 6 1 】

一方、圧電／電歪構造体 5 1 においては、圧電／電歪体 1 4 の 1 層当たりの厚さを、好ましくは $100\ \mu\text{m}$ 以下、より好ましくは 10 乃至 $80\ \mu\text{m}$ とすることによって、より低電圧で駆動出来るようにすることも可能である。

【 0 0 6 2 】

又、圧電／電歪構造体のアスペクト比は、変位発生部分毎に求められ、圧電／電歪構造体 5 1 では、1 つの圧電／電歪作動部 4 (変位発生部分) を構成する側壁の高さと幅との比 (高さ / 幅) になる。図 5 (a) の圧電／電歪構造体 5 1 は、図 1 (b) のアクチュエータ 1 1 に相当するから、図 5 (a) は圧電／電歪構造体 5 1 の短手方向の断面を示す図であり、圧電／電歪構造体のアスペクト比は、図 5 (a) に表現された 1 つの圧電／電歪作動部 4 (側壁 6) の縦と横の比 (縦 / 横) で示される。尚、図 5 (a) においては圧電／電歪構造体 5 1 がアスペクト比が 3 程度で表現されているが、本発明に係る圧電／電歪構造体において、より好ましいアスペクト比は 5 乃至 100 である。例えば、図 1 (b) に示されるアクチュエータ 1 1 において、側壁 6 (圧電／電歪作動部 4) は、その厚さ T と高さ (セルの深さ D に相当) で表されるアスペクト比 ($= D / T$) が 15 程度である。セルの幅 W とセルの深さ D (側壁の高さに相当) で示されるセルのアスペクト比 ($= D / W$) は 5 程度である。

【 0 0 6 3 】

図 6 (a) は、縦積み型の圧電／電歪構造体の他の実施形態を示す図であり、図 5 (a) と同様な断面図である。図 6 (b) は、図 6 (a) に示される圧電／電歪構造体の、複数のシート状の圧電／電歪体の積層界面が露出する側面近傍の部分拡大図である。圧電／電歪構造体 6 1 は、側壁 6 を構成する圧電／電歪作動部 4 が、複数の圧電／電歪体 1 4 が縦方向に積層されてなり、1 つおきのセル 3 を形成する側壁 6 に共通電極として電極膜 2 8 , 1 つおきのダミーセル 1 5 を形成する側壁 6 に個別電極として電極膜 2 9 が形成されている。圧電／電歪体 1 4 の層間には電極層は存在しない。尚、必要に応じて、セル 3 に対面する電極膜 2 8 の上には保護膜 1 7 が形成され、ダミーセル 1 5 に対面する電極膜 2 9 の上には絶縁膜 1 7 7 が形成される。保護膜 1 7 は、例えばセル 3 に腐食性液体が充填される場合には、電極膜 2 8 を保護するための膜としてはたらく。絶縁膜 1 7 7 は、電極膜 2 9 を絶縁するための膜としてはたらく。尚、これら保護膜と絶縁膜は、両者の効果が得られる材料を選択し、同一の単層膜とすることが望ましい。又、側壁 6 には電極膜 2 8 , 2 9 より先に (下面に) バリア膜が形成されてもよい (図示しない) 。

【 0 0 6 4 】

圧電／電歪構造体 6 1 は、図 6 (b) に示されるように (図 6 (a) では表現を省いている)、複数の圧電／電歪体 1 4 の積層界面が露出しセル 3 に対面する側面に、複数の切欠 2 5 が形成され、その切欠 2 5 が現す凹凸面に沿って、図 6 (b) に示される切欠 2 5 の断面形状そのままに、電極膜 2 8 及び保護膜 1 7 が形成されている。電極膜 2 8 及び保護膜 1 7 は、切欠 2 5 の深さに比較して相対的に薄く、切欠 2 5 を埋めて側壁 6 の表面を平面にすることがなく、本発明に係る圧電／電歪構造体の特徴を表している。図示しないが、ダミーセル 1 5 に対面する側の側面でも、同様に切欠 2 5 が形成され、同様に切欠 2 5 が現す凹凸面に沿って電極膜 2 9 及び絶縁膜 1 7 7 が形成されている。

【 0 0 6 5 】

10

20

30

40

50

圧電／電歪構造体 61 において、シート状の圧電／電歪体 14 は、例えば電極膜 28 から電極膜 29 へ向けた方向（図 6（a）中において左右方向）に分極されている。そして、電極膜 28 側を正、電極膜 29 側を負にして電極膜 28，29 間に電圧を印加することにより、先に記した分極方向と同じ方向の電界が形成される。換言すれば、圧電／電歪構造体 61 は、分極と駆動電界とが同一方向になっている。その結果、圧電／電歪体 14 には電界誘起歪みが発現し、その横効果による変位に基づき、圧電／電歪作動部 4 は、全ての圧電／電歪体 14 が図 6（a）中において概ね上下方向に（底板 2 に対し垂直に）伸縮しようとする。この圧電／電歪体 14 の変位は、電界誘起歪みを直接利用しているため、発生力が大きく応答速度も速い。

【0066】

図 7（a）は、縦積み型の圧電／電歪構造体の更なる他の実施形態を示す断面図であり、図 7（b）は、図 7（a）に示される圧電／電歪構造体の、複数のシート状の圧電／電歪体の積層界面が露出する側面近傍の部分拡大図である。図 16（a）は、縦積み型の圧電／電歪構造体の更なる他の実施形態を示す断面図であり、図 16（b）は、図 16（a）に示される圧電／電歪構造体の、複数のシート状の圧電／電歪体の積層界面が露出する側面近傍の部分拡大図である。

【0067】

図 7（a）、図 7（b）に示される圧電／電歪構造体 71 は、圧電／電歪構造体 51 に準じた圧電／電歪構造体であり、電極層 18，19 が、複数の圧電／電歪体 14 と交互に縦方向に積層され、それらの端部は、両方とも圧電／電歪体 14 内に埋設されている。又、セル 3 又はダミーセル 15 を形成する側壁 6 に共通電極としての電極膜 28 又は電極膜 29 は形成されておらず、（図示しないが）圧電／電歪構造体自体の中に設けられている。具体的には、圧電／電歪作動部 4 を駆動するための電極は、圧電／電歪体の内層電極をスルーホール等で引き回すことで、圧電／電歪構造体の所望の位置で信号入力電極として、別途、形成することが出来る。セル 3 に導電性液体が充填されても電極層 18，19 と接する心配はないが、腐食性液体から圧電／電歪体 14 を保護するための保護膜 17 が側壁 6 に形成される。セル 3 に充填される液体の性状等によって、保護膜の代わりに絶縁膜、防湿膜等であってもよく、又はそれらの多層膜でもよい。

【0068】

又、作製上の容易さから、図 7（a）に示される圧電／電歪構造体 71 のように電極層 18，19 を圧電／電歪体 14 内に埋設せず、図 16（a）、図 16（b）に示される圧電／電歪構造体 161 のように、両積層断面に露出させる構造を有する圧電／電歪構造体も好ましい。この場合に、電極層 18，19 間へ電圧をかけるための個別電極乃至共通電極（駆動用電極）は、圧電／電歪構造体自体の中に設けることで、アクチュエータとして機能させることが出来る。尚、圧電／電歪構造体 161 は、複数のシート状の圧電／電歪体 14 の（図中において）上面に電極層 18，19 を形成したものであるが、図 16（c）に示されるように、圧電／電歪体 14 の（図中において）下面に電極層 18，19 を形成してもよい。図 16（b）と図 16（c）との比較で明らかのように、電極層 18，19 を圧電／電歪体 14 の何れかの面に形成するかによって、電極層 18，19 の積層断面への露出形態が異なるものになる。

【0069】

圧電／電歪構造体 71 は、図 7（b）に示されるように（図 7（a）では表現を省いている）、複数の圧電／電歪体 14 の積層界面が露出しセル 3 と対面する側面に、複数の切欠 25 が形成され、その切欠 25 が現す凹凸面に沿って、図 7（b）に示される切欠 25 の断面形状そのままに、保護膜 17 が形成されている。保護膜 17 は、切欠 25 の深さに比較して相対的に薄く、切欠 25 を埋めて側壁 6 の表面を平面にすることがなく、本発明に係る圧電／電歪構造体の特徴を表している。図示しないが、ダミーセル 15 に対面する側の側面でも、同様に切欠 25 が形成され、同様に切欠 25 が現す凹凸面に沿って保護膜 17 が形成されている。

【0070】

10

20

30

40

50

圧電／電歪構造体 7 1 は、分極、駆動電界、変位等については圧電／電歪構造体 5 1 と同様である。

【 0 0 7 1 】

シート状の圧電／電歪体の全面に電極層を形成する方が変位の発生という観点からは、圧電／電歪構造体 7 1 のように、電極層の端部が両方とも圧電／電歪体内に埋設されている態様よりも、圧電／電歪構造体 1 6 1 のように、一対の電極層の端部を両方ともシート状の圧電／電歪体から露出させ、それを、別途設けた絶縁膜で絶縁する態様の方が好ましい。更には、既に記したように、シート状の圧電／電歪体の 1 層当たりの厚さを薄くし積層数を増やすことが、低電圧で大変位を得るのに好ましい。しかしながら、一定面積あたりに露出する電極層の数が増えるため、その電極層の絶縁を確実に行う意味で絶縁膜がク

10

【 0 0 7 2 】

そして、シート状の圧電／電歪体が薄くなればなるほど、シート状の圧電／電歪体の間に形成される電極層の間の距離も短くなるため、絶縁膜に極小さなクラックが発生しても短絡につながる確率は飛躍的に高くなる。例えば、シート状の圧電／電歪体の厚さが 2 0 0 μm の場合と 1 0 μm の場合とでは、絶縁膜に発生するクラックのサイズや発生頻度が耐久性に及ぼす影響は大きく変わる。即ち、変位効率を向上させようとする、信頼性が低下してしまうことになり、それを抑制するためのクラックフリーな絶縁膜は、圧電／電歪構造体の重要な構成要素となる。

20

【 0 0 7 3 】

尚、上記した通り、圧電／電歪構造体 6 1 の如く横効果を利用する圧電／電歪構造体では、側壁には電極膜と絶縁膜の他に保護膜を形成することが好ましい。絶縁性と保護性の両機能を有する材料を選択することが、更に、好ましい。セルに液体が充填されたときに、その液体によっては腐食性があり、電極膜が侵食されるおそれがあるからである。そうすると、その電極膜を保護するための保護膜の信頼性が耐久性を支配することになるから、クラックフリーな保護膜は、圧電／電歪構造体の重要な構成要素となる。これらの具体的事情を勘案すれば、本発明に係る第 2 の圧電／電歪構造体は、絶縁膜乃至保護膜の残留応力を圧縮応力として、よりクラックフリーな膜にするものであるから、上記態様に最適な圧電／電歪構造体である。

30

【 0 0 7 4 】

(2) 横積み型

シート状の圧電／電歪体が横方向に積層されたタイプの圧電／電歪構造体である。積層方向である横方向とは、別言すれば、構成要素である圧電／電歪作動部の幅方向に相当する方向である。

【 0 0 7 5 】

図 8 (a) は、横積み型の圧電／電歪構造体の一実施形態を示す断面図であり、図 8 (b) は、図 8 (a) に示される圧電／電歪構造体の、複数のシート状の圧電／電歪体の積層界面が露出する側面近傍の部分拡大図である。圧電／電歪構造体 8 1 は、側壁 6 を構成する圧電／電歪作動部 4 が、複数の圧電／電歪体 1 4 を横方向に積層してなり、1 つおきのセル 3 を形成する側壁 6 に共通電極として電極膜 2 8、1 つおきのダミーセル 1 5 を形成する側壁 6 に個別電極として電極膜 2 9 が形成されている。圧電／電歪体 1 4 の層間には電極層は存在しない。尚、必要に応じて、セル 3 に対面する電極膜 2 8 の上には保護膜 1 7 が形成され、ダミーセル 1 5 に対面する電極膜 2 9 の上には絶縁膜 1 7 7 が形成される。保護膜 1 7 は、例えばセル 3 に腐食性液体が充填される場合には、電極膜 2 8 を保護するための膜としてはたらき、一方、絶縁膜 1 7 7 は、電極膜 2 9 を絶縁するための膜としてはたらく。尚、保護膜 1 7 及び絶縁膜 1 7 7 は、保護膜と絶縁膜の両機能が発現出来る一の膜で構成することも出来る。又、側壁 6 には電極膜 2 8、2 9 より先に(下面に)バリア膜が形成されてもよい(図示しない)。

40

【 0 0 7 6 】

50

圧電／電歪構造体 81 は、図 8 (b) に示されるように (図 8 (a) では表現を省いている)、複数の圧電／電歪体 14 の積層界面が露出しセル 3 に対面する側面 (底板 2 の表面) に、複数の切欠 25 が形成され、その切欠 25 が現す凹凸面に沿って、図 8 (b) に示される切欠 25 の断面形状そのままに、電極膜 28 及び保護膜 17 が形成されている。電極膜 28 及び保護膜 17 は、切欠 25 の深さに比較して相対的に薄く、切欠 25 を埋めて側壁 6 の表面を平面にすることがなく、本発明に係る圧電／電歪構造体の特徴を表している。図示しないが、ダミーセル 15 に対面する側の側面でも、同様に切欠 25 が形成され、同様に切欠 25 が現す凹凸面に沿って電極膜 29 及び絶縁膜 177 が形成されている。

【 0077 】

圧電／電歪構造体 81 において、圧電材料からなる圧電／電歪体 14 は、例えば電極膜 28 から電極膜 29 へ向けた方向 (図 8 (a) 中において左右方向) に分極されている。そして、電極膜 28 側を正、電極膜 29 側を負にして電極膜 28 , 29 間に電圧を印加することにより、先に記した分極方向と同じ方向の電界が形成される。換言すれば、圧電／電歪構造体 81 は、分極と駆動電界とが同一方向になっている。その結果、圧電／電歪体 14 には電界誘起歪みが発現し、その横効果による変位に基づき、圧電／電歪作動部 4 は、全ての圧電／電歪体 14 が図 8 (a) 中において概ね上下方向に (底板 2 に対し垂直に) 伸縮しようとする。この圧電／電歪体 14 の変位は、電界誘起歪みを直接利用しているので、発生力が大きく応答速度も速い。

【 0078 】

図 9 は、横積み型の圧電／電歪構造体の他の実施形態を示す断面図である。圧電／電歪構造体 91 は、圧電／電歪構造体 81 に準じた圧電／電歪構造体であり、側壁 6 を構成する圧電／電歪作動部 4 が、複数の圧電／電歪体 14 が横方向に積層されてなり、1つおきのセル 3 を形成する側壁 6 に電極膜 28 , 29 の何れかが交互に形成されていて、圧電／電歪体 14 の層間には電極層 18 , 19 が設けられている。セル 3 には導電性液体が充填されるから、電極膜 28 を保護するための保護膜 17 が電極膜 28 を覆うように形成される。又、ダミーセル 15 側にも電極膜 29 を絶縁させるための絶縁膜 177 が、電極膜 29 を覆うように形成される。尚、側壁 6 のセル 3 又はダミーセル 15 に対する面には電極膜 28 , 29 より先に (下面に) バリア膜が形成されてもよい (図示しない)。尚、圧電／電歪構造体 91 についての切欠の態様は圧電／電歪構造体 81 と同じである (図 8 (b) 参照)。

【 0079 】

圧電／電歪構造体 91 において、圧電材料からなる圧電／電歪体 14 は、例えば電極膜 28 から電極層 19 へ向けた方向 (図 9 中において左右方向) に分極されている (挟まれる電極膜乃至電極層により各圧電／電歪体 14 毎に分極方向が異なる)。又、電極膜 28 と電極層 18、電極膜 29 と電極層 19 を、それぞれ接続する共通電極は (図示しないが) 圧電／電歪構造体自体の中に設けられている。電極膜 28、電極層 18 側を正、電極膜 29、電極層 19 側を負にして、電圧を印加することにより、先に記した分極方向と同じ方向の電界が形成される。換言すれば、圧電／電歪構造体 91 は、分極と駆動電界とが同一方向になっている。その結果、圧電／電歪体 14 には電界誘起歪みが発現し、その横効果による変位に基づき、圧電／電歪作動部 4 は、全ての圧電／電歪体 14 が図 9 中において概ね上下方向に (底板 2 に対し垂直に) 伸縮しようとする。この圧電／電歪体 14 の変位は、電界誘起歪みを直接利用しているので、発生力が大きく応答速度も速い。

【 0080 】

以上説明した本発明に係る圧電／電歪構造体の実施形態は、本発明に係る第 1 の圧電／電歪構造体、及び、本発明に係る第 2 の圧電／電歪構造体に共通する実施形態であるが、以下に、本発明に係る第 2 の圧電／電歪構造体のみに関わるシート状の圧電／電歪体と絶縁膜の熱膨張率について説明する。本発明に係る第 2 の圧電／電歪構造体は、薄膜に少なくとも絶縁膜が含まれるものであるから、図 5 (a) ~ 図 9 により説明した圧電／電歪構造体の全てが本発明に係る第 2 の圧電／電歪構造体として適用可能である。

【 0 0 8 1 】

先ず、複数のシート状の圧電／電歪体の積層界面が露出する側面に、薄膜として絶縁膜のみが形成される圧電／電歪構造体の場合（薄膜が一の単層膜で構成される場合）を例示して説明する。既に説明した図7（a）、図7（b）に示される圧電／電歪構造体71は、薄膜は絶縁膜ではなく保護膜であるが、一の単層膜で構成されており、この態様に該当する。

【 0 0 8 2 】

例えば、圧電／電歪体を構成する材料として、チタン酸バリウム（ BaTiO_3 、線膨張係数 $= 13 \times 10^{-6} (\text{/K})$ ）を採用したときに、絶縁膜として酸化タンタル（ Ta_2O_5 、 $= 3.6 \times 10^{-6} (\text{/K})$ ）を用いることが好ましい。この熱膨張率差により絶縁膜の残留応力は圧縮応力となる。

10

【 0 0 8 3 】

絶縁膜の材料として、 Ta_2O_5 以外に、酸化珪素（ SiO_2 、 $= 0.5 \times 10^{-6} (\text{/K})$ ）、酸化アルミニウム（ Al_2O_3 、 $= 8.0 \times 10^{-6} (\text{/K})$ ）、酸化ハフニウム（ HfO_2 、 $= 6.3 \times 10^{-6} (\text{/K})$ ）、酸化ニオブ（ Nb_2O_5 、 $= 1.6 \times 10^{-6} (\text{/K})$ ）、酸化イットリウム（ Y_2O_3 、 $= 7.9 \times 10^{-6} (\text{/K})$ ）、酸化ジルコニウム（ ZrO_2 、 $= 6.9 \times 10^{-6} (\text{/K})$ ）等を採用出来る。酸化物ではないものとしては、窒化珪素（ Si_3N_4 、 $= 2.7 \times 10^{-6} (\text{/K})$ ）、窒化アルミニウム（ AlN 、 $= 4.9 \times 10^{-6} (\text{/K})$ ）、窒化ホウ素（ BN 、 $= 3.9 \times 10^{-6} (\text{/K})$ ）等が挙げられる。又、以上のような単一の酸化物、窒化物ではなく、2種以上の混晶を用いることも可能である。

20

【 0 0 8 4 】

混晶を用いる理由としては、熱膨張率の極大きい材料（例えば、酸化マグネシウム（ MgO 、 $= 13.4 \times 10^{-6} (\text{/K})$ ）と、極小さい材料（例えば、二酸化珪素（ SiO_2 、 $= 0.5 \times 10^{-6} (\text{/K})$ ））の組成比を自由に制御出来るからである。即ち、混晶の熱膨張率の設計が可能になり、圧電／電歪体を構成する材料に対し好適な熱膨張率を選択することにより、圧電／電歪構造体の強度設計が可能になる。

【 0 0 8 5 】

次に、複数のシート状の圧電／電歪体の積層界面が露出する側面に、薄膜として電極膜が形成され更にそれを覆うように絶縁膜が形成される圧電／電歪構造体の場合（薄膜が二の多層膜で構成される場合）について説明する。既に説明した圧電／電歪構造体51, 61, 81, 91が該当する。このような薄膜が二の多層膜で構成される場合には、その熱膨張率を、絶縁膜、電極膜、圧電／電歪体（材料）の順に、小、大、中（又は中、大、小）にすること、即ち、電極膜の熱膨張率を最も大きくすることが肝要である。このような熱膨張率の組み合わせで圧電／電歪構造体を設計すると、絶縁膜とシート状の圧電／電歪体の残留応力が、ともに圧縮応力になり、絶縁膜への残留応力を圧縮力とするのみならず、圧電／電歪構造体への残留応力も圧縮力となることで圧電／電歪構造体の強度がより向上する。

30

【 0 0 8 6 】

例えば、絶縁膜として酸化タンタル（ Ta_2O_5 、 $= 3.6 \times 10^{-6} (\text{/K})$ ）、電極膜として銅（ Cu 、 $= 17 \times 10^{-6} (\text{/K})$ ）、シート状の圧電／電歪体としてチタン酸バリウム（ BaTiO_3 、 $= 13 \times 10^{-6} (\text{/K})$ ）を採用出来る。電極膜のバリア膜を形成する場合、その厚さが極薄いことから、応力に及ぼす影響は無視出来る。薄膜が絶縁膜のみの場合には、シート状の圧電／電歪体として熱膨張率が比較的小さいジルコン酸チタン酸鉛を採用すると、絶縁膜の熱膨張率を更に小さくとらねばならず、適用可能な材料が限られてしまうが、薄膜が二の多層膜で構成される場合には、絶縁膜と圧電／電歪体（材料）の熱膨張率関係が逆転しても、電極膜の熱膨張率が最大であれば強度向上の効果を得られるため、適用範囲が広がる。例えば、絶縁膜を酸化アルミニウム（ Al_2O_3 、 $= 8.0 \times 10^{-6} (\text{/K})$ ）、電極膜を銅（ Cu 、 $= 17 \times 10^{-6} (\text{/K})$ ）、シート状の圧電／電歪体をジルコン酸チタン酸鉛（ PZT 、 $= 3 \times 10^{-6} (\text{/K})$ ）として

40

50

もよい。又、電極膜の材料は、金属以外の酸化物導電体を適用することも出来る。例えば、酸化イリジウム (IrO_2 、 $\alpha = 5.8 \times 10^{-6} (\text{/K})$)、酸化ルテニウム (RuO_2 、 $\alpha = 6.4 \times 10^{-6} (\text{/K})$) が例示される。これらの酸化物電極には、拡散防止膜としての機能も有するため、バリア膜を省略しても耐久性良好な圧電/電歪構造体が得られる。

【0087】

次に、本発明に係る圧電/電歪構造体の製造方法について説明する。本発明に係る圧電/電歪構造体の製造方法の概略工程の一例を、図10(a)~図10(c)に示す。作製対象は、図16(a)、図16(b)に示される圧電/電歪構造体161と同態様の圧電/電歪構造体である。

10

【0088】

以下、製造工程について説明する。先ず、圧電/電歪材料を主成分とする所定枚数のセラミックグリーンシートを用意する。セラミックグリーンシートは、従来知られた方法により作製出来る。例えば、圧電/電歪材料粉末を用意し、これにバインダ、溶剤、分散剤、可塑剤等を望む組成に調合してスラリーを作製し、これを脱泡処理後、ドクターブレード法、リバースロールコーター法等のグリーンシート成形法によって、セラミックグリーンシートを形成することが可能である。

【0089】

得られたセラミックグリーンシートに対し、例えばパンチとダイによる打抜加工により、図10(a)に示されるような、グリーンシート602, 615, 619を得る。グリーンシート602, 619は各1枚でよく、グリーンシート615は複数枚用意する。グリーンシート615は、のちにセルを構成するスリット孔605、のちにダミーセルを構成するスリット孔625、のちに個別配線用のビアホールを構成する円孔628、及びのちに共通配線用のビアホールを構成する円孔629が形成されたグリーンシートである。グリーンシート602は、のちに底板を構成するものであり、のちにダミーセルを構成するスリット孔625が形成されたグリーンシートである。グリーンシート619は、のちに(インクジェットヘッドとしての)ノズル板を構成するものであり、のちにダミーセルを構成するスリット孔625と、のちにノズルを構成する円孔608が形成されたグリーンシートである。尚、各1枚作製するグリーンシート602とグリーンシート619については、圧電/電歪材料を主成分とはしない別の材料を用いてもよい。

20

30

【0090】

次に、図10(b)に示されるように、複数枚のグリーンシート615の円孔628, 629を導電材料で埋めてビアホール128, 129を形成するとともに、そのグリーンシート615の半々ずつに、ビアホール128に接続される導体膜(導電材料からなる膜)318、及びビアホール129に接続される導体膜319を形成して、それぞれ複数枚のグリーンシート614, 616を得る。導体膜のパターニングは予めフォトリソを塗布し露光することで行ってもよいし、全面成膜後に不必要な部分を研削等の手法により切除してもよい。

【0091】

グリーンシート614, 616において、6つのスリット孔605はのちにセルを構成する孔であり、スリット孔625に対し相対的に大きく開けられる。7つのスリット孔625は、のちにセルとセルとの間の空間であるダミーセルを構成する孔であり、スリット孔605を挟むように配置される。スリット孔605とスリット孔625との間のグリーンシート実体部分が、のちに側壁を構成する。導体膜318は、個別配線に用いられ、その端部が、のちにセルを構成するスリット孔605を形成する面に露出されるように設けられる。導体膜319は、共通配線に用いられ、のちにダミーセルを構成するスリット孔625を形成する面に露出されるように設けられる。尚、導体膜はスクリーン印刷等の手法により所定のパターンで形成出来る。

40

【0092】

次に、グリーンシート602の上に、セルを形成するために複数のグリーンシート61

50

4, 616を交互に積層し、圧着して所定の厚さを有するセラミックグリーン積層体を得て、それを焼成一体化して焼成積層体を得る(図示しない)。この焼成積層体は、グリーンシート614, 616のスリット孔605を連通させてなる6つのセルと、グリーンシート602, 614, 616のスリット孔625を連通させてなる7つのダミーセルと、を備えている。尚、グリーンシート619は、別途焼成し、ノズル板9として用いられる(図10(c)参照)。

【0093】

次いで、焼成積層体に対して、CVD成膜法によって、セルを形成する面とダミーセルを形成する面に、保護膜を形成する。そして、必要に応じて、外部配線接続、圧電/電歪体の分極処理を施せば、圧電/電歪構造体611が得られ、更にノズル板9を接着すれば、インクジェットヘッド601を得ることが出来る(図10(c))。インクジェットヘッド601において、ダミーセル15とノズル8は外観に現れるが、セルは圧電/電歪構造体611の内部に形成され露わになっていない。

【0094】

本発明に係る圧電/電歪構造体の製造方法では、CVD(化学気相成長)成膜法を用いて、上記工程にかかる電極膜(導体膜)及び保護膜の形成の他、絶縁膜、防湿膜の形成も行う。CVD成膜法によれば、分子レベルのガス成分がシート状の圧電/電歪体上に到達することで成膜されるため、シート状の圧電/電歪体の(セラミックス)粒子の間にガスが入り込み、カバーレジのよい緻密な膜が形成される。

【0095】

成膜法としては、CVD成膜法の他に、電気泳動法、陽極酸化法、ペースト塗布法、スパッタ法、蒸着重合法等が知られている。電気泳動法は、電気化学的な駆動力により選択的に成膜出来るが溶液プロセスで堆積した膜を焼成することで膜形成を行う方法であるから、気孔を多く含む膜しか形成出来ない。又、陽極酸化法は、電極成分を選択的に酸化することで皮膜を形成する手法であり、溶液中で膜形成を行い膜の焼成は必要としないが、電気泳動法と同様に緻密な膜を得ることは出来ない。本発明に係る圧電/電歪構造体の製造方法では、成膜対象はグリーンシート積層法で得られた積層構造を有する圧電/電歪構造体であり、1枚のグリーンシートの端面(開口端面)がテーパ状になることに基づいて、圧電/電歪構造体には、複数のシート状の圧電/電歪体の積層界面に切欠が形成され、その切欠の開口幅や深さのサイズはミクロンオーダーである。従って、この切欠にかかる未接合部を補強し構造体の強度アップを図る目的には、両方法は適切な手段とはいえない。

【0096】

ペースト塗布法は、焼成前の(セラミックグリーン)積層体における複数のグリーンシートによる積層界面にペーストを塗布して焼成する方法である(本出願人による特願2002-334097を参照)。具体的には、ペースト材料を作製し、スピコート等の手段で塗布し、切欠の未接合部を埋設し一体焼成することで、切欠をなくし、滑らかな表面を得ることが出来る。ペーストを使用することから、その表面張力により、極狭い空間に対しては実現が困難であり、高アスペクト比が求められる本発明に係る圧電/電歪構造体の製造方法としては適切ではない。又、なによりも滑らかな表面になってしまうから、本発明に係る圧電/電歪構造体の特徴である、複数のシート状の圧電/電歪体の積層界面が露出する側面に形成された切欠が現す凹凸面に沿って、即ち凹凸を残したまま、薄膜を形成するには適していない。

【0097】

スパッタ法や蒸着法等のPVD(物理気相成長法)による方法は、指向性が強いため、高アスペクト比な圧電/電歪構造体へ成膜する手段としては適切なものではない。図4は、切欠を誇張して描いた圧電/電歪構造体の断面図であり、一例としてスパッタ法による成膜の様子を表した図である。例えばノズル板でセル3を塞ぐ前に、セル3を形成する側壁6の表面に成膜材料40を成膜しようとしても、切欠における、成膜方向(図4中の矢印方向)から影になる部分には、原理的に成膜されず、有用な方法ではない。成膜角度の

10

20

30

40

50

最適化やコロメートスパッタ等の手法を用いても、アスペクト比5程度の圧電/電歪構造体に対して成膜することが限界であった。

【0098】

一方、蒸着重合法は、CVD法の代わりに好ましい手段として採用出来る。蒸着重合法とは、基板上に、両末端に官能性を有する複数のモノマーを気相で蒸着、反応させ、高分子の薄膜を形成する方法であり、例えば分子鎖が高度に配向、配列した有機薄膜を作製出来る。ポリイミド、ポリ尿素等が成膜可能な方法である。

【0099】

以下、CVD成膜法について、使用する材料(原料)を例示しながら説明する。図12は、CVD成膜法に使用されるMOCVD(有機金属化学気相成長法)成膜装置の概略の構成図である。キャリアガスとしてアルゴン(Ar)、窒素(N₂)を使用し、反応ガスとして酸素(O₂)、アンモニア(NH₃)が使用される。成膜に用いる原料は、各々ステンレス製容器に封入され、温度制御された別々のオープンに備えられる。リアクタ(Reactor)は、石英製の2重管構造となっており、インナー管(inner tube)は横型の構成である。基板加熱はヒーター(Heater)により行い、排気(exhaust)はロータリーポンプ(RP)とターボ分子ポンプ(TP)により行われる。

【0100】

例えば、絶縁膜として酸化タンタル(Ta₂O₅)を、バリア膜としては窒化チタン(TiN)を、電極層としては銅(Cu)を形成する条件について、以下に記載する。オープンAにTa系原料を(Oven A(Ta))、オープンBにTi系原料を(Oven B(Ti))、オープンCにCu系原料を(Oven C(Cu))、それぞれ備え、各々のオープンからリアクタへ、独立した配管で接続されており、リアクタへ、それぞれINLET 1、INLET 2、INLET 3により導入される。

【0101】

(絶縁膜の形成)ペンタエトキシタンタル(Ta(OC₂H₅)₅)を原料として使用し、絶縁膜としてTa₂O₅膜を成膜した。MOCVD成膜装置において、115に加熱されたオープンA(Oven A(Ta))内に装着された原料は、Arキャリアガスより搬送され、INLET 1からリアクタへ導入される。反応ガスとしては酸素を使用する。成膜温度は600、成膜圧力は1300Pa、形成した絶縁膜の厚さは2μm、成膜時間は2時間である。

【0102】

(バリア膜の形成)テトラキスジエチルアミドチタニウム(TDEAT Ti[N(C₂H₅)₂]₄)を原料として使用し、バリア膜としてTiN膜を成膜した。MOCVD成膜装置において、オープンB(Oven B(Ti))に装着された原料は、マスフローコントローラー(MFC)と100に加熱した気化器(V)を用いてリアクタへ供給される。キャリアガスとしてN₂を、反応ガスとしてNH₃を使用する。成膜温度は350、成膜圧力は10Pa、形成した絶縁膜の厚さは50nm、成膜時間は5分である。尚、TiN以外のバリア膜として、窒化タンタル(TaN)、窒化ニオブ(NbN)等を採用することが出来る。

【0103】

(電極膜の形成)銅ヘキサフルオロアセチルアセテートトリメチルビニルシラン(Cu(hfac)(tmvs))を原料として使用し、電極膜としてCu膜を成膜した。MOCVD成膜装置において、オープンC(Oven C(Cu))に装着された原料は、マスフローコントローラー(MFC)と気化器(V)を用いてリアクタへ供給される。キャリアガスとしてはArが用いられる。成膜温度は210、成膜圧力は200Pa、形成した絶縁膜の厚さは2μm、成膜時間は20分である。

【0104】

尚、上記の例に示した材料(原料)の他に、CVD法により成膜可能な材料として、パリレン樹脂がある。パリレン樹脂は、常温で成膜可能な有機材料であり、絶縁性、耐薬品性、撥水性を有する材料であることから、本発明にかかる絶縁膜、保護膜、防湿膜として

10

20

30

40

50

の機能を併せ持つ優れた材料である。

【産業上の利用可能性】

【0105】

本発明に係る圧電／電歪構造体は、印刷機器のインクジェットヘッドに適用される他に、本出願人による国際出願にかかる国際公開公報、WO 02/084751 A1に記載されているように、DNAチップ製造装置、光スイッチ、マイクロミラー、マイクロマシン搬送装置のアクチュエータ部としての利用が可能である。更に、マイクロポンプ、半導体製造用のコーティング装置、複雑で微細な3次元構造体の作製装置、製薬分野における薬品合成装置等のアクチュエータ部としても好ましく採用され得る。

【図面の簡単な説明】

10

【0106】

【図1(a)】本発明に係る圧電／電歪構造体の一実施形態を示す斜視図である。

【図1(b)】図1(a)に示されるインクジェットヘッド(圧電／電歪構造体)を切断線で切断した場合の断面図である。

【図2】図14(b)に示される焼成前のセラミックグリーン積層体の部分Aを表す断面図である。

【図3】図2に示されるセラミックグリーン積層体の部分Aの更に一部分を拡大した断面図である。

【図4】切欠を誇張して描いた圧電／電歪構造体の断面図であり、スパッタ法による成膜の様子を表した図である。

20

【図5(a)】縦積み型の圧電／電歪構造体の一実施形態を示す断面図である。

【図5(b)】図5(a)に示される圧電／電歪構造体の、複数のシート状の圧電／電歪体の積層界面が露出する側面近傍を表す部分拡大図である。

【図6(a)】縦積み型の圧電／電歪構造体の他の実施形態を示す断面図である。

【図6(b)】図6(a)に示される圧電／電歪構造体の、複数のシート状の圧電／電歪体の積層界面が露出する側面近傍を表す部分拡大図である。

【図7(a)】縦積み型の圧電／電歪構造体の他の実施形態を示す断面図である。

【図7(b)】図7(a)に示される圧電／電歪構造体の、複数のシート状の圧電／電歪体の積層界面が露出する側面近傍を表す部分拡大図である。

【図8(a)】横積み型の圧電／電歪構造体の一実施形態を示す断面図である。

30

【図8(b)】図8(a)に示される圧電／電歪構造体の、複数のシート状の圧電／電歪体の積層界面が露出する側面近傍を表す部分拡大図である。

【図9】横積み型の圧電／電歪構造体の他の実施形態を示す断面図である。

【図10】図10(a)～図10(c)は、本発明に係る圧電／電歪構造体の製造方法の概略工程の一例を示す説明図である。

【図11(a)】本発明に係る圧電／電歪構造体における複数のシート状の圧電／電歪体の積層界面が露出する側面の部分拡大図である。

【図11(b)】複数のシート状の圧電／電歪体の積層界面が露出する側面に切欠が形成されていない圧電／電歪構造体における、その側面の部分拡大図である。

【図12】CVD成膜法に使用されるMOCVD成膜装置の概略構成図である。

40

【図13】インクジェットヘッドの一例を示す斜視図である。

【図14】図14(a)～図14(c)は、アクチュエータを製造する工程を示す説明図である。

【図15】本発明に係る圧電／電歪構造体を示す断面図であり、切欠の深さ及び開口幅の説明図である。

【図16(a)】縦積み型の圧電／電歪構造体の他の実施形態を示す断面図である。

【図16(b)】図16(a)に示される圧電／電歪構造体の、複数のシート状の圧電／電歪体の積層界面が露出する側面近傍を表す部分拡大図である。

【図16(c)】縦積み型の圧電／電歪構造体の他の実施形態を示す断面図であり、圧電／電歪構造体の、複数のシート状の圧電／電歪体の積層界面が露出する側面近傍を表す部

50

分拡大図である。

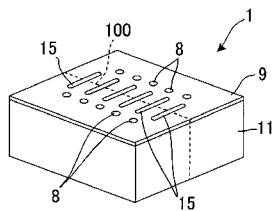
【符号の説明】

【0107】

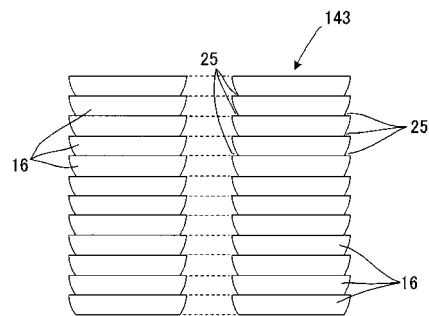
1, 130, 601...インクジェットヘッド、2...底板、3...セル、4...圧電/電歪作動部、5...インク室、6...側壁、8...ノズル、9...ノズル板、11...アクチュエータ(圧電/電歪構造体)、14...圧電/電歪体、15...ダミーセル、16, 602, 615, 619...グリーンシート、17...保護膜、18, 19...電極層、28, 29...電極膜、25...切欠、32...未接合部、51, 61, 71, 81, 91, 161, 611...圧電/電歪構造体、100...切断線、110...薄膜、131...アクチュエータ、132...基板、133...セル、134...圧電/電歪作動部、135...インク室、136...側壁、137...蓋板、138...ノズル、139...ノズル板、143...セラミックグリーン積層体、177...絶縁膜、318, 319...導体膜、605, 625...スリット孔、628, 629...円孔。

10

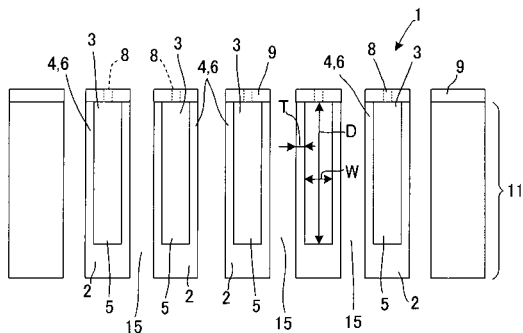
【図1(a)】



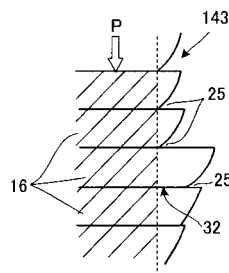
【図2】



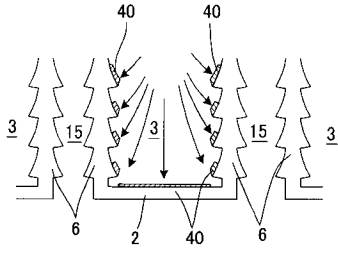
【図1(b)】



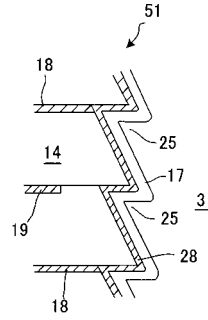
【図3】



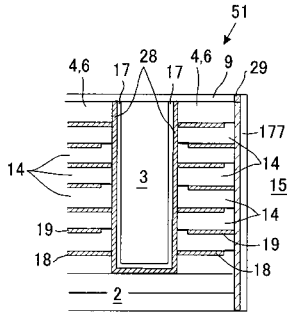
【図4】



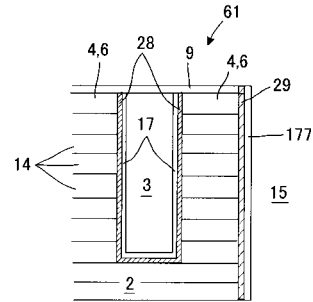
【図5(b)】



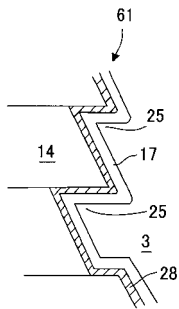
【図5(a)】



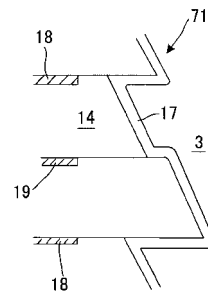
【図6(a)】



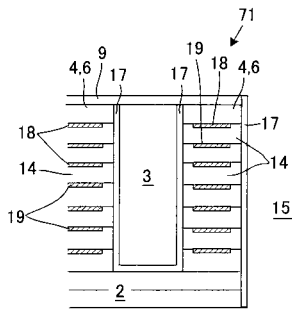
【図6(b)】



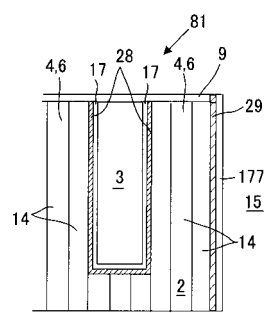
【図7(b)】



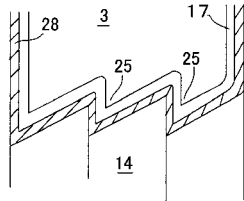
【図7(a)】



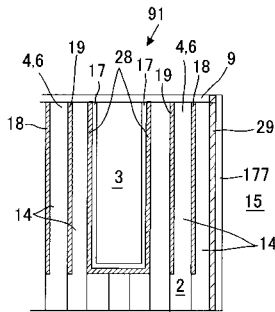
【図8(a)】



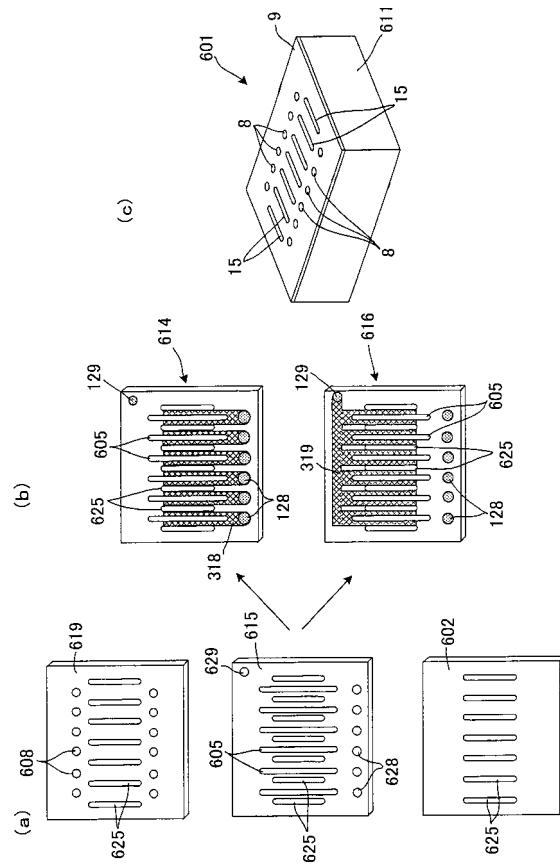
【図8(b)】



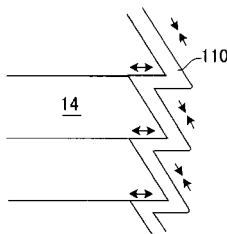
【図9】



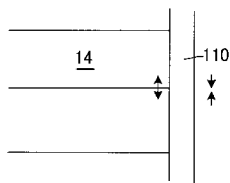
【図10】



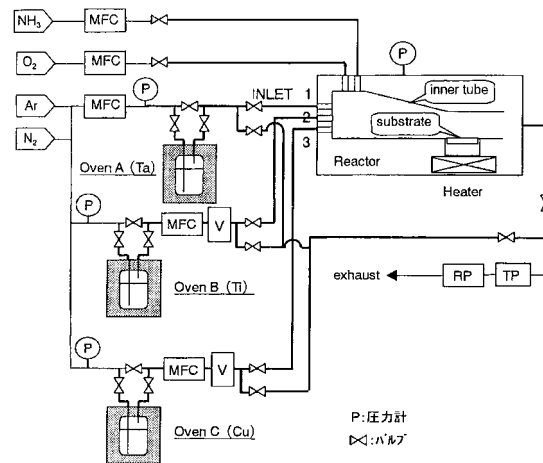
【図11(a)】



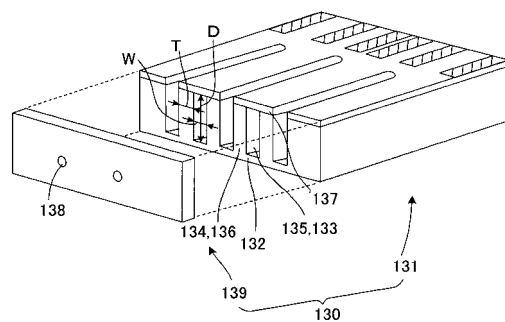
【図11(b)】



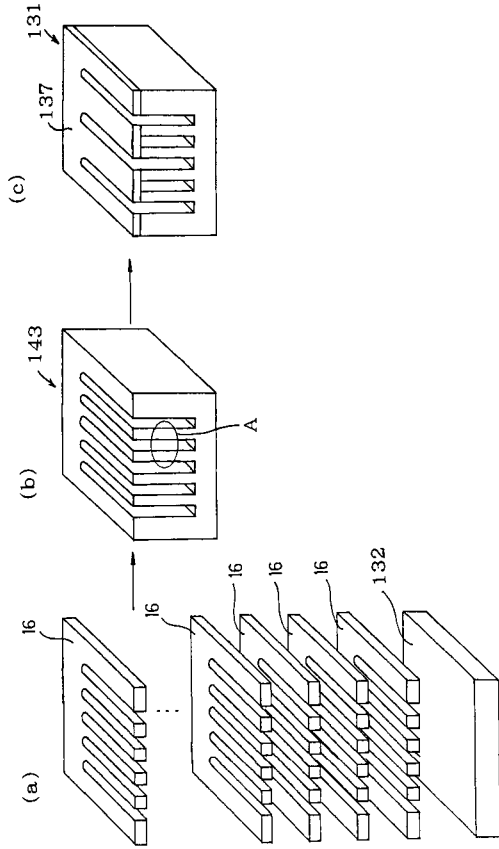
【図12】



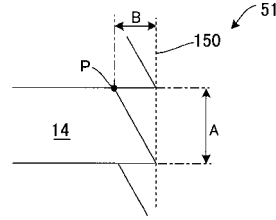
【図13】



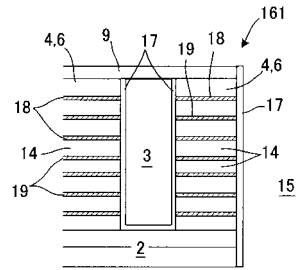
【 図 1 4 】



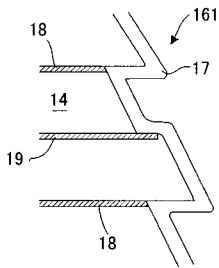
【 図 1 5 】



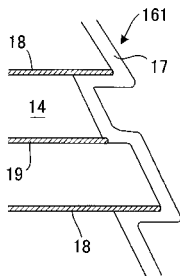
【 図 1 6 (a) 】



【 図 1 6 (b) 】



【 図 1 6 (c) 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
B 4 1 J 2/16 (2006.01) B 4 1 J 3/04 1 0 3 H

(56)参考文献 特開2003-072061(JP,A)
特開平11-048487(JP,A)
特開2003-300328(JP,A)
特開2003-243742(JP,A)
特開2003-110159(JP,A)
特開2003-298131(JP,A)
特開平07-273297(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 1 L 4 1 / 0 8 3
B 4 1 J 2 / 0 4 5
B 4 1 J 2 / 0 5 5
B 4 1 J 2 / 1 6
H 0 1 L 4 1 / 1 8 7
H 0 1 L 4 1 / 2 2