

(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2007-97280

(P2007-97280A)

(43) 公開日 平成19年4月12日(2007.4.12)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO2N 2/00 (2006.01)	HO2N 2/00 B	2C057
B41J 2/045 (2006.01)	B41J 3/04 IO3A	
B41J 2/055 (2006.01)	HO1L 41/08 J	
HO1L 41/09 (2006.01)	HO1L 41/08 L	
HO1L 41/22 (2006.01)	HO1L 41/08 C	
審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 14 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2005-281383 (P2005-281383)
 (22) 出願日 平成17年9月28日 (2005.9.28)

(71) 出願人 000006633
 京セラ株式会社
 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地
 (71) 出願人 000005267
 ブラザー工業株式会社
 愛知県名古屋市瑞穂区苗代町15番1号
 (74) 代理人 100104318
 弁理士 深井 敏和
 (72) 発明者 山本 隆行
 鹿児島県国分市山下町1番4号 京セラ株式会社総合研究所内
 (72) 発明者 渡邊 英年
 愛知県名古屋市瑞穂区苗代町15番1号
 ブラザー工業株式会社内

最終頁に続く

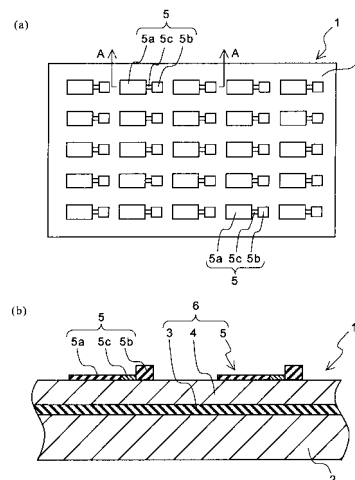
(54) 【発明の名称】 圧電アクチュエータおよびその製造方法、並びにインクジェット記録ヘッド

(57) 【要約】

【課題】 圧電セラミック層表面に配置された個別電極と外部配線基板との接続信頼性に優れた圧電アクチュエータおよびその製造方法、圧電セラミック層表面に高密度に個別電極を配置することが可能な圧電アクチュエータおよびその製造方法、並びに小型で高速の印画が可能なインクジェット記録ヘッドを提供することである。

【解決手段】 複数の個別電極5が、それぞれ変位素子6の変位に寄与する駆動電極5aと、該駆動電極5aの一端に設けられた、外部配線基板と接続するための接続端子5bとを備えると共に、複数の接続端子5bは高さの最大差が4 μm以下である圧電アクチュエータ1およびその製造方法、並びにこれを備えたインクジェット記録ヘッドである。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

振動板上に共通電極および圧電セラミック層がこの順に積層され、さらに前記圧電セラミック層の表面に複数の個別電極を配列して個別電極ごとに変位素子を形成し、前記個別電極のそれぞれに独立して駆動電圧を印加することにより前記変位素子を変位させるようにした圧電アクチュエータであって、

前記複数の個別電極が、それぞれ前記変位素子の変位に寄与する駆動電極と、該駆動電極の一端に設けられた、外部配線基板と接続するための接続端子とを備えると共に、複数の接続端子は高さの最大差が $4 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項 2】

前記複数の個別電極が、前記圧電セラミック層の表面に 1 cm^2 当たり $50 \sim 200$ 個の密度で配列されている請求項 1 記載の圧電アクチュエータ。

【請求項 3】

前記接続端子と前記外部配線基板との間に接合層が設けられ、該接合層が異方性導電樹脂ペースト (ACP) または異方性導電フィルム (ACF) からなる請求項 1 または 2 記載の圧電アクチュエータ。

【請求項 4】

前記異方性導電樹脂ペースト (ACP) および異方性導電フィルム (ACF) が含有する導電性粒子の平均粒子径が $20 \mu\text{m}$ 以下である請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の圧電アクチュエータ。

【請求項 5】

振動板上に共通電極および圧電セラミック層がこの順に積層され、さらに前記圧電セラミック層の表面に、駆動電極と接続端子とを備える個別電極を複数形成し、しかる後に、各接続端子における高さの最大差が $4 \mu\text{m}$ 以下となるように、前記接続端子の表面に平坦化処理を施すことを特徴とする圧電アクチュエータの製造方法。

【請求項 6】

前記平坦化処理が、切削処理、加圧によるレベリング処理および研磨処理から選ばれる少なくとも 1 種である請求項 5 記載の圧電アクチュエータの製造方法。

【請求項 7】

前記平坦化処理の後で、前記接続端子の各々の表面に異方性導電樹脂ペースト (ACP) または異方性導電フィルム (ACF) を介して外部配線基板を配置し、ついで、前記異方性導電樹脂ペースト (ACP) または異方性導電フィルム (ACF) を硬化させて前記接続端子と前記外部配線基板との間に接合層を形成する請求項 5 または 6 記載の圧電アクチュエータの製造方法。

【請求項 8】

請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の圧電アクチュエータを、複数のインク加圧室を有する流路部材上に、前記インク加圧室および前記個別電極の位置を揃えて取り付けたり、前記アクチュエータの個別電極に前記駆動電圧を印加して変位素子を変位させることによって前記インク加圧室の体積を変化させるようにしたことを特徴とするインクジェット記録ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、圧電アクチュエータおよびその製造方法、並びにインクジェット記録ヘッドに関し、より詳しくは、微細な変位を発生させることにより、各種デバイスの位置決めや、加圧などに用いられる積層型の圧電アクチュエータおよびその製造方法、並びに該圧電アクチュエータを備えたインクジェット記録ヘッドに関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、圧電性セラミックスを利用した製品としては、例えば圧電アクチュエータ、

10

20

30

40

50

フィルタ、圧電共振子（発振子を含む）、超音波振動子、超音波モータ、圧電センサ等がある。これらの中で、圧電アクチュエータは、電気信号に対する応答速度が 10^{-6} 秒台と非常に高速であるため、半導体製造装置のXYステージの位置決め用圧電アクチュエータや、インクジェットプリンタのインクジェット記録ヘッドに用いられる圧電アクチュエータ等に応用されている。

【0003】

一方、インクジェット記録ヘッドのドット密度の高密度化に伴い、これに用いられる圧電アクチュエータも高密度に配置する必要が生じており、圧電体表面にマトリクス状に個別電極を配置した圧電アクチュエータが提案されている（例えば、特許文献1）。

【0004】

図3(a)は、特許文献1に記載されているような圧電アクチュエータを備えた、従来のインクジェット記録ヘッドを示す平面図であり、図3(b)は、図3(a)のC-C線断面図である。同図に示すように、圧電方式を利用したインクジェット記録装置に用いられるインクジェット記録ヘッド70は、複数の溝がインク加圧室53aとして並設され、各インク加圧室53aを仕切る壁として隔壁53bを形成した流路部材53の上に、圧電アクチュエータ61が設けられた構造を有する。

【0005】

また、圧電アクチュエータ61は、上面に共通電極64が設けられた振動板62上に、圧電セラミック層65および個別電極66がこの順に積層され、個別電極66が圧電セラミック層65の表面に複数配列されることにより、複数の変位素子67が形成されたものである。この圧電アクチュエータ61は、流路部材53上に、インク加圧室53aと個別電極66との位置を揃えて取り付けられている。

【0006】

上記のようなインクジェット記録ヘッド70は、共通電極64と個別電極66との間に駆動電圧を印加して変位素子67を振動させることにより、インク加圧室53a内のインクを加圧し、流路部材53の底面に開口させたインク吐出孔58よりインク滴を吐出する。

【0007】

また、インクジェット記録ヘッド70（圧電アクチュエータ61）の構成を、圧電セラミック層65上に個別電極66を等ピッチで多数並設して変位素子67を多数設けたものにし、各変位素子67を独立して制御することにより、インクジェットプリンタの高速化および高精度化に寄与している。

【0008】

個別電極66は、変位素子67の変位に寄与する駆動電極66aと、駆動電圧印加用の接続端子（ランド）66bとを備え、接続端子66bに駆動電圧を印加するための図示しない外部配線基板が半田付けや接点部材の圧接などによって電氣的に接続される。

【0009】

また、接続端子66bは、インク加圧室53aの領域外に形成されるので、このような構成を有する圧電アクチュエータ61は、撓み変形特性に優れ、撓み変形の効率の低下や、撓み変形量のばらつきが少ないと考えられる。

【特許文献1】特開平11-34313号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

近時、特に個別電極66の高密度化に伴い、個別電極66と外部配線基板との接続において接続不良が生じるという問題が発生していた。

【0011】

従って、本発明の主たる課題は、圧電セラミック層表面に配置された個別電極と外部配線基板との接続信頼性に優れた圧電アクチュエータおよびその製造方法を提供することである。

10

20

30

40

50

本発明の他の課題は、圧電セラミック層表面に高密度に個別電極を配置することが可能な圧電アクチュエータおよびその製造方法を提供することである。

本発明のさらに他の課題は、小型で高速の印画が可能なインクジェット記録ヘッドを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明者は、上記課題を解決すべく鋭意検討を重ねた結果、以下の知見を得た。すなわち、通常は、個別電極に接続される各接続端子の高さのばらつきが大きい場合でも、各接続端子間の間隔が広いと、その上に配置された外部配線基板が撓むことによって各接続端子の高さのばらつきを吸収することができる。ところが、個別電極の高密度化に伴い、接続端子の面積が小さくなり、接続端子間の間隔も短くなると、接続端子間で外部配線基板を大きく撓ませることができない。そのため、各接続端子の高さのばらつきが大きいと、各接続端子と外部配線基板との接続において、接続不良が生じていた。

10

【0013】

そこで、個別電極における接続端子の高さの最大差を所定の値以下とすることにより、各接続端子と外部配線基板との接続信頼性を向上させることに成功し、信頼性の高い個別電極の高密度化が可能となった。

【0014】

すなわち、本発明の圧電アクチュエータおよびその製造方法は、以下の構成からなる。

(1) 振動板上に共通電極および圧電セラミック層がこの順に積層され、さらに前記圧電セラミック層の表面に複数の個別電極を配列して個別電極ごとに変位素子を形成し、前記個別電極のそれぞれに独立して駆動電圧を印加することにより前記変位素子を変位させるようにした圧電アクチュエータであって、前記複数の個別電極が、それぞれ前記変位素子の変位に寄与する駆動電極と、該駆動電極の一端に設けられた、外部配線基板と接続するための接続端子とを備えると共に、複数の接続端子は高さの最大差が4 μm以下であることを特徴とする圧電アクチュエータ。

20

(2) 前記複数の個別電極が、前記圧電セラミック層の表面に1 cm²当り50 ~ 200個の密度で配列されている前記(1)記載の圧電アクチュエータ。

(3) 前記接続端子と前記外部配線基板との間に接合層が設けられ、該接合層が異方性導電樹脂ペースト(ACP)または異方性導電フィルム(ACF)からなる前記(1)または(2)記載の圧電アクチュエータ。

30

(4) 前記異方性導電樹脂ペースト(ACP)および異方性導電フィルム(ACF)が含有する導電性粒子の平均粒子径が20 μm以下である前記(1) ~ (3)のいずれかに記載の圧電アクチュエータ。

(5) 振動板上に共通電極および圧電セラミック層がこの順に積層され、さらに前記圧電セラミック層の表面に、駆動電極と接続端子とを備える個別電極を複数形成し、しかる後に、各接続端子における高さの最大差が4 μm以下となるように、前記接続端子の表面に平坦化処理を施すことを特徴とする圧電アクチュエータの製造方法。

(6) 前記平坦化処理が、切削処理、加圧によるレベリング処理および研磨処理から選ばれる少なくとも1種である前記(5)記載の圧電アクチュエータの製造方法。

40

(7) 前記平坦化処理の後で、前記接続端子の各々の表面に異方性導電樹脂ペースト(ACP)または異方性導電フィルム(ACF)を介して外部配線基板を配置し、ついで、前記異方性導電樹脂ペースト(ACP)または異方性導電フィルム(ACF)を硬化させて前記接続端子と前記外部配線基板との間に接合層を形成する前記(5)または(6)記載の圧電アクチュエータの製造方法。

【0015】

本発明のインクジェット記録ヘッドは、前記(1) ~ (4)のいずれかに記載の圧電アクチュエータを、複数のインク加圧室を有する流路部材上に、前記インク加圧室および前記個別電極の位置を揃えて取り付けたり、前記アクチュエータの個別電極に前記駆動電圧を印加して変位素子を変位させることによって前記インク加圧室の体積を変化させるよ

50

うにしたことを特徴とする。

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、複数の個別電極における各接続端子の高さの最大差を4 μ m以下であるので、個別電極を圧電セラミック層表面に高密度で配置した場合であっても、各接続端子と外部配線基板との接続不良を低減でき、接続信頼性に優れた高品質な圧電アクチュエータが得られるという効果がある。

【0017】

よって、本発明の圧電アクチュエータは、個別電極を圧電セラミック層表面に高密度に配置でき、かつ個別電極と外部配線基板との接続信頼性が優れている。従って、このような圧電アクチュエータを備えた本発明のインクジェット記録ヘッドは、小型で高速の印画が可能となる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

< 圧電アクチュエータ >

以下、本発明の圧電アクチュエータの一実施形態について図面を参照して詳細に説明する。図1(a)は、本実施形態の圧電アクチュエータを示す平面図であり、図1(b)は、図1(a)のA-A線断面図である。同図に示すように、本実施形態の圧電アクチュエータ1は、振動板2、共通電極3、圧電セラミック層4および個別電極5で構成されており、振動板2上に、共通電極3、圧電セラミック層4および個別電極5をこの順に積層したものである。振動板2と圧電セラミック層4とはシート状の部材で、平面視でほぼ同形状・同サイズを共に有している。

20

【0019】

共通電極3および個別電極5は、圧電アクチュエータ1の電極を構成するものであり、個別電極5は、圧電セラミック層4の表面に複数形成されている。これにより、共通電極3および個別電極5で圧電セラミック層4を挟持して構成される変位素子6が、振動板2上に複数配列された構成となる。このように、シート状の圧電アクチュエータ1中には、個別電極5の配置位置に対して、複数の変位素子6が作り込まれている。ここでは、振動板2や圧電セラミック層4はいずれも1層で構成されているが、層厚の調整の容易さを考えると、複数層の積層体としてそれぞれ構成されていてもよい。なお、圧電アクチュエータ1の変位に必要な分極のかけ方は、圧電アクチュエータ1に要求される変位形態に対応して施されるものであるが、本圧電アクチュエータ1において、これを後述するユニモルフ型のアクチュエータとするために、少なくとも圧電セラミック層4の共通電極3と個別電極5とで挟まれた部分が各層の積層方向に分極されている。

30

【0020】

個別電極5は、変位素子6の変位に寄与する駆動電極5aと、外部配線基板と接続するための接続端子5bと、駆動電極5aと接続端子5bとを電氣的に接続するための接続部5cとを備えた構成となっている。該個別電極5は、接続端子5bを介して外部配線基板に接続され、電極(共通電極3, 個別電極5)間に電圧が印加されると、電圧が印加された共通電極3と個別電極5に挟持された部位の圧電セラミック層4が変位する。変位素子6(圧電アクチュエータ1)としては、この圧電セラミック層4が積層している振動板2が、圧電セラミック層4の変位、より具体的には、面方向(各層の積層方向と直交する方向)の変位を規制するので、電圧が印加された変位素子6の部分が全体として積層方向に屈曲することになる。このように、本圧電アクチュエータ1は、ユニモルフ型のアクチュエータとして動作する。

40

【0021】

圧電アクチュエータ1の高さは、特に限定されるものではないが、好ましくは100 μ m以下であるのがよい。このように薄層にすることで、大きな変位を得ることができ、低電圧で高効率の駆動を実現できる。特に、圧電アクチュエータ1としての特性を十分に発揮できる点で、好ましくは80 μ m以下、より好ましくは65 μ m以下、さらに好ましく

50

は50 μm以下であるのがよい。一方、高さの下限値は、十分な機械的強度を有し、取扱いおよび作動中の破壊を防止するため、3 μm、好ましくは5 μm、より好ましくは10 μm、さらに好ましくは20 μmであるのがよい。

【0022】

(圧電セラミック層)

圧電セラミック層4としては、圧電性を示すセラミックスを用いることができ、具体的には、例えばBi層状化合物(層状ペロブスカイト型化合物)、タングステンブロンズ型化合物、Nb系ペロブスカイト型化合物[Nb酸ナトリウムなどのNb酸アルカリ化合物(NAC)、Nb酸バリウムなどのNb酸アルカリ土類化合物(NAEC)]、マグネシウムニオブ酸鉛(PMN系)、ニッケルニオブ酸鉛(PNN系)、Pbを含有するチタン酸ジルコン酸鉛(PZT)、チタン酸鉛等のペロブスカイト型化合物を含有する物質等が例示できる。

10

【0023】

上記のうち、少なくともPbを含むペロブスカイト型化合物であるのが特に好ましい。例えば、マグネシウムニオブ酸鉛(PMN系)、ニッケルニオブ酸鉛(PNN系)、Pbを含有するチタン酸ジルコン酸鉛(PZT)やチタン酸鉛等を含有する物質が好ましい。特に、Aサイト構成元素としてPbを含有し、かつBサイト構成元素としてZrおよびTiを含有する結晶であるのがよい。このような組成にすることで、高い圧電定数を有する圧電セラミック層が得られる。これら中でもチタン酸ジルコン酸鉛(PZT)やチタン酸鉛が、大きな変位を付加する上で好適である。ペロブスカイト型結晶の一例として、PbZrTiO₃を好適に使用できる。

20

【0024】

また、圧電性セラミックスには、他の酸化物を混合してもよく、さらに、特性に悪影響がない範囲であれば、副成分としてAサイトおよび/またはBサイトに他元素が置換していてもよい。例えば、副成分としてZn、Sb、NiおよびTeを添加したPb(Zn_{1/3}Sb_{2/3})O₃およびPb(Ni_{1/2}Te_{1/2})O₃の固溶体であってもよい。

【0025】

(振動板)

振動板2としては、絶縁性の高いものであればよいが、好ましくは圧電性セラミックスであるのがよく、より好ましくは、上記した圧電セラミック層4と略同一の材料であるのがよい。さらに、圧電アクチュエータ1をインクジェット記録ヘッドに応用する場合、使用されるインクに対する耐腐食性、耐水性等の耐インク性が高い材料がよい。これにより、振動板2と圧電セラミック層4とを同時焼成で作製する際において、圧電アクチュエータ1内の焼成収縮を均等にすることができ、反り変形を抑制することができる。圧電セラミック層4、振動板2の高さは5~50 μm程度、好ましくは10~30 μm程度であるのがよい。

30

【0026】

(共通電極)

共通電極3としては、導電性を有するものであれば特に限定されるものではなく、例えばAu、Ag、Pd、Pt、Cu、Alやそれらの合金等を用いることができる。具体的には、例えばAg-Pd合金が例示できる。また、共通電極3の高さは、導電性を有しかつ変位を妨げない程度である必要があり、一般に、0.5~5 μm程度、好ましくは1~4 μmであるのがよい。

40

【0027】

(個別電極)

個別電極5の駆動電極5a、接続端子5bおよび接続部5cとしては、上記した共通電極と同様に、導電性を有するものであれば特に限定されるものではなく、例えばAu、Ag、Pd、Pt、Cu、Alやそれらの合金等を用いることができる。特に、駆動電極5aとしてはAuが好ましく、接続端子5bとしてはAgが好ましい。

【0028】

50

また、駆動電極 5 a の高さは、導電性を有しかつ変位を妨げない程度である必要があり、例えば $0.1 \sim 2 \mu\text{m}$ 程度、好ましくは $0.1 \sim 0.5 \mu\text{m}$ 、より好ましくは $0.1 \sim 0.3 \mu\text{m}$ であるのがよい。接続端子 5 b の高さは、外部配線基板との接続信頼性を向上させるために、例えば $5 \mu\text{m}$ 以上、好ましくは $5 \sim 15 \mu\text{m}$ であるのがよい。接続部 5 c の高さは、駆動電極 5 a と接続端子 5 b の接続信頼性の上で $1 \sim 10 \mu\text{m}$ であるのがよい。

【0029】

複数の接続端子 5 b は、それらの高さの最大差が $4 \mu\text{m}$ 以下である。該高さの最大差は、例えば後述のように、レーザー変位計で各接続端子の高さを測定し、これらの値から最大高さおよび最小高さを選び出し、その差を求めることにより算出される。ここで、複数の接続端子 5 b 間の高低差が大きい（例えば、 $4 \mu\text{m}$ より大きい）場合、外部配線基板を接続すると、圧電アクチュエータ 1 も外部配線基板も剛性を持つ部材であるので、その接続部の高低差に対応した歪みが両者間に生じることになる。歪みの大きさにもよるが、近接する変位素子 6 に不必要な応力が働いて圧電アクチュエータ 1 の変位特性がばらついたり、外部配線基板と接続端子 5 b との接続部に損傷を与えたりすることがある。このような不具合を回避するためには、全ての接続端子 5 b が同じ高さを有していることが理想であるが、高低差は最大で約 $4 \mu\text{m}$ であってもよい。

10

【0030】

これにより、個別電極 5 と外部配線基板との接続信頼性が向上し、個別電極 5 を圧電セラミック層 4 の表面に高密度で配置できる。ここで、本発明における高密度とは、具体的には、個別電極 5 が、圧電セラミック層 4 の表面に 1cm^2 当り $50 \sim 200$ 個の密度で配列されていることを意味する。一方、前記最大差が $4 \mu\text{m}$ を超えると、個別電極 5 と外部配線基板との接続信頼性が低下するので、個別電極 5 を高密度に配置することができない。

20

【0031】

（接合層）

接続端子 5 b と外部配線基板の接合には、半田等による接合の他に、異方性導電樹脂ペースト（ACP）や異方性導電フィルム（ACF）等の導電性粒子による接合がある。本発明では、特に、低温で接合することができ、圧電体（圧電セラミック層 4）への熱による特性劣化を防止できる上で、ACP または ACF による接合が好ましい。ここで、前記異方性導電樹脂ペースト（ACP）とは、異方性導電樹脂をペースト状にしたものを意味し、異方性導電フィルム（ACF）とは、異方性導電樹脂をフィルム状にしたものを意味する。また、前記異方性導電樹脂とは、厚み方向に高い導電性を有しかつ平面方向には高い絶縁性を示す特性を有する樹脂を意味し、例えばアクリル樹脂や、酸無水物硬化型、フェノール硬化型、アミン硬化型などのエポキシ樹脂などの熱硬化性樹脂中に導電性粒子が分散したものであり、導電性粒子としては、例えば金、銀、ニッケル等の金属粒子や表面に金めっき等が施された樹脂粒子等が挙げられる。

30

【0032】

なお、導電性粒子を分散する樹脂材料として、その耐熱性を求めなければ合成ゴムや熱可塑性樹脂を用いてもよい。いずれの樹脂材料においても、接続部を機械的に固定する接着剤としての機能を果たす。本実施形態では、圧電アクチュエータ 1 の再分極処理時の加熱を考慮して、耐熱性を有するエポキシ樹脂を採用している。

40

【0033】

接続端子 5 b と外部配線基板との間に ACP または ACF からなる接合層を形成する場合には、接続端子 5 b の高さの最大差が $4 \mu\text{m}$ 以下と小さいので、ACP および ACF が含有する導電性粒子も粒子径の小さいものを使用できる。このため、接続端子 5 b の面積が高密度化により小さくなくても、十分な導電性粒子数を確保することができ、前記接続信頼性を損なうことがない。具体的には、前記導電性粒子の平均粒子径は $20 \mu\text{m}$ 以下、好ましくは $3 \sim 20 \mu\text{m}$ 程度、より好ましくは $5 \sim 15 \mu\text{m}$ 程度であるのがよい。前記平均粒子径は、導電性粒子を粒度分布測定装置で測定して得られた値である。

50

【0034】

また、前記熱硬化性樹脂中における導電性粒子の配合量は1～25質量%程度であるのがよく、前記接合層の高さは3～20 μm 程度、好ましくは5～15 μm 程度であるのがよい。なお、異方性導電フィルム(ACF)の高さは、上記接合層の高さと同じ高さである。

【0035】

< 圧電アクチュエータの製造方法 >

次に、本発明の圧電アクチュエータの製造方法について説明する。

(第1の工程)

まず、圧電セラミック層4および振動板2の原料となる圧電性セラミックス原料粉末を準備する。この圧電性セラミックス原料粉末の平均粒子径は1 μm 以下であることが望ましく、特に0.7 μm 以下、更には0.6 μm 以下であるのがよい。圧電性セラミックス原料粉末の平均粒子径を1 μm 以下にすることにより焼結時の均一な焼成収縮が得られ、均質な圧電セラミック層4および振動板2を得ることができる。この圧電性セラミックス原料粉末と有機バインダ成分を混合し、シート成形用のスラリーを調製する。ついで、この成形用スラリーを用いてロールコータ法、スリットコータ法、ドクターブレード法等の一般的なシート成形法によりセラミックグリーンシートを必要枚数作製する。

10

【0036】

ついで、上記で得られたセラミックグリーンシートを、必要に応じて加圧する。シート成形後にセラミックグリーンシートの加圧処理を行うことで、シートの密度を高め、高さばらつきや、密度ばらつきを低減することができる。加圧方法としては、公知の手法を採用することができるが、均一な高さにすることが容易である点で、ロール加圧法、平面加圧法、静水圧加圧法等を用いるのが好ましい。また、加圧圧力は、材料組成、有機バインダ量、グリーンシート高さ等によって異なるが通常10～100MPa、好ましくは20～50MPa、より好ましくは30～40MPaの圧力で加圧するのがよい。また、加圧によって得られた各グリーンシートの高さばらつきは15%以下、特に10%以下にすると、焼成後に形成される圧電セラミック層4および振動板2の高さばらつきが低減されると共に、反り変形を防止することができる。

20

【0037】

(第2の工程)

次に、上記共通電極で例示した電極材料を含有する共通電極ペーストを作製する。この共通電極ペーストには、電極材料(Au、Agなど)の他、エチルセルロースなどの有機ビヒクルなどの成分が含まれる。そして、上記で作製したセラミックグリーンシートのうち、焼成により振動板2となるグリーンシートの一方の表面に、共通電極3用の電極ペーストをスクリーン印刷等の方法で印刷する。この場合の高さは1～3 μm 、高さばらつき(最大値と最小値との差)は0.5～1 μm になるように調整することが望ましい。また、必要に応じてグリーンシートの一部にビアホールを形成し、その内部にビア導体を挿入してもよい。

30

【0038】

(第3の工程)

第1の工程および第2の工程で作製したセラミックグリーンシートを積層し、密着させて積層体を作製する。なお、密着を行う手法としては、接着成分の含まれた密着液使用による方法、加熱によりグリーンシート中の有機バインダ成分に接着性を持たせて密着する方法、加圧だけで密着させる方法等が例示できる。

40

【0039】

(第4の工程)

第3の工程で得られた積層体は、必要に応じて脱脂処理して積層体中の有機成分の除去を行った後、(高濃度)酸素雰囲気中において、900～1200において焼成して圧電アクチュエータ本体を得る。なお、第4の工程(焼成工程)においては、第3の工程で得られた積層体をジルコニアもしくはマグネシアからなる試料台板を介して複数段積み

50

し、さらに、この段積みされた積層体上に重しを置いて焼成することが望ましい。このような方法を採用することにより、圧電アクチュエータ本体の反り変形が抑制され、高さ100 μ m以下の薄層の焼結体からなる圧電アクチュエータを提供できる。

【0040】

(第5の工程)

第4の工程で得られた圧電アクチュエータ本体の表面に、駆動電極5aパターンと接続部5cパターンとをスクリーン印刷等の方法で印刷し、500~800、好ましくは650~800で焼き付け処理を行った後、さらに接続端子5bパターンを上記駆動電極5aパターンおよび接続部5cパターンと同様の方法で印刷し、500~800、好ましくは500~650で焼き付け処理を行うことにより、個別電極5が形成される。ここで、駆動電極5a用、接続端子5b用および接続部5c用の各電極ペーストとしては、上記個別電極で例示した電極材料を主成分とするものが使用できる。

10

【0041】

なお、接続部5cパターンの印刷は、駆動電極5aパターンと同じ工程で印刷する場合に限定されるものではなく、例えば接続端子5bパターンを印刷する工程で印刷してもよい。また、接続端子5bパターンの印刷回数を複数回にし、接続端子5bが駆動電極5aおよび接続部5cよりも高くなるように構成してもよい。具体的には、例えば駆動電極5aパターンおよび接続部5cパターンを印刷する際に接続端子5bパターンも印刷し、焼き付け処理を行った後、この接続端子5bパターン上にさらに接続端子5bパターンを印刷し、焼き付け処理を行うことにより、形成される接続端子5bが駆動電極5aおよび接続部5cよりも高くなるようにしてもよい。なお、この場合の印刷回数は特に限定されるものではなく、また、接続端子5b用の電極ペーストは、印刷毎に同一であってもよく、異なってもよい。

20

【0042】

(第6の工程)

ついで、第5の工程で得られた複数の接続端子5bは、高さの最大差が4 μ m以下となるように、その表面に平坦化処理を施す。平坦化処理は、前記最大差を4 μ m以下にできる処理方法であれば、特に限定されるものではないが、本発明では、特に、前記最大差を簡単に効率よくかつ確実に4 μ m以下にできる上で、ダイヤモンドバイト等による切削処理、プレートを押し当てる加圧によるレベリング処理および研磨プレート等による研磨処理から選ばれる少なくとも1種を用いて行うのが好ましい。なお、前記切削処理、レベリング処理および研磨処理は、それぞれ単独でまたは2種以上を組み合わせてもよく、例えば切削処理をした後に、さらにレベリング処理等を行ってもよい。

30

【0043】

(第7の工程)

第6の工程で平坦化処理を施した接続端子5b上にACPを塗布、あるいはACFを貼付し、外部配線基板の接続端子と接続端子5bの位置をあわせ、ついで加圧した状態で温度をかけ、接着剤(ACP, ACF)を硬化させ、接続端子5bと外部配線基板との間にACPまたはACFからなる接合層が形成される。ここで、該接着剤を硬化させる温度としては、例えば100~150程度であるのが好ましい。これにより、半田等による接合に対して接合時の温度が下がるので、圧電体(圧電セラミック層4)への熱による特性劣化が防止される。なお、上記第7の工程では、接合層となるACPあるいはACFを圧電アクチュエータ本体の表面に配置したが、外部配線基板側に予め配置したものを用意してもよい。

40

【0044】

<インクジェット記録ヘッド>

本発明の圧電アクチュエータは、上記で説明したように、一基板(振動板)上に複数の変位素子を備えているので、インクジェット方式を利用した記録装置に用いられるインクジェット記録ヘッドに好適に用いることができる。以下、本発明の圧電アクチュエータを備えたインクジェット記録ヘッドの一実施形態について説明する。図2(a)は、本実施

50

形態のインクジェット記録ヘッドを示す平面図であり、図2(b)は、図2(a)のB-B線断面図である。なお、図2(a)、(b)においては、前述した図1の構成と同一または同等な部分には同一の符号を付して説明は省略する。

【0045】

図2(a)、(b)に示すように、このインクジェット記録ヘッド20は、複数のインク加圧室16aが並設され、各インク加圧室16aを仕切る壁として隔壁16bを形成した流路部材16上に上記で説明した圧電アクチュエータ1が接合されている。また、振動板2が各インク加圧室16aの壁の一部を構成している。このように構成されたインク加圧室16aには、流路部材16に形成された共通のインク流路(図示せず)が接続され、外部からのインクがこの共通インク流路から分配されて供給可能となっている。

10

【0046】

流路部材16は圧延法等により得られ、インク吐出孔18およびインク加圧室16aはエッチングにより所定の形状に加工されて設けられる。この流路部材16は、Fe-Cr系、Fe-Ni系、WC-TiC系の群から選ばれる少なくとも1種によって形成されていることが望ましく、特にインクに対する耐食性の優れた材質からなることが望ましく、Fe-Cr系がより好ましい。

【0047】

流路部材16と圧電アクチュエータ1との接合は、振動板2がインク加圧室16aの空間と当接するように、例えば接着層を介して積層接着することができる。より具体的には、各個別電極5の駆動電極5aと各インク加圧室16aとが対応し、かつ接続端子5bがインク加圧室16aの領域外に位置するように接合する。

20

【0048】

前記接着層としては、各種の公知のものが採用可能であるが、圧電アクチュエータ1や流路部材16への熱による影響を及ぼさない上で、熱硬化温度が100~150のエポキシ樹脂、フェノール樹脂、ポリフェニレンエーテル樹脂の群から選ばれる少なくとも1種の熱硬化性樹脂系の接着剤を用いるのがよい。このような接着層を用いて熱硬化温度にまで加熱することによって、圧電アクチュエータ1と流路部材16とを加熱接合することができ、これによりインクジェット記録ヘッド20を得ることができる。ここで、圧電アクチュエータ1は、インク加圧室16aを区画する流路部材16の壁部に固定されることになるので、電圧を印加して振動されたときに、変位素子6全体がインク加圧室の容積を

30

【0049】

上記したインクジェット記録ヘッド20の接続端子5bと、駆動電圧を印加するための外部配線基板30とが異方性導電樹脂ペースト(ACP)31によって電氣的に接続される。そして、外部配線基板30により共通電極3と所定の個別電極5との間に電圧が印加されると、電圧が印加された個別電極5直下の圧電セラミック層4が変位して、インク加圧室16a内のインクが加圧され、インク吐出孔18よりインク滴が吐出される。このようなインクジェット記録ヘッド20は、高速で高精度な吐出が可能であり、高速印刷に好適である。

【0050】

以上、本発明の一実施形態について示したが、本発明は上述した実施形態のみに限らず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で変更や改良したものにも適用できることは言うまでもない。例えば、上記の実施形態では、接続端子5bが接続部5cを介して駆動電極5aの一端に設けられた構成について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、接続端子5bが駆動電極5aに直接電氣的に接続されていてもよい。

40

【0051】

以下、実施例を挙げて本発明についてさらに詳細に説明するが、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

【0052】

[実施例]

50

< インクジェット記録ヘッドの作成 >

まず、図 1 に示したような構成の圧電アクチュエータを作製した。即ち、平均粒径が $0.5 \mu\text{m}$ の PbZrTiO_3 系粉末を、バインダおよび有機溶剤とともに混合してシート成形用のスラリーを調製し、得られたスラリーを用いてロールコート法にて高さ $15 \mu\text{m}$ のグリーンシート（圧電セラミック層 4 用および振動板 2 用）を作製した。

一方、 Ag-Pd 粉末を、混合比が質量比で $\text{Ag}:\text{Pd}=7:3$ となるように配合し、有機粘結剤と溶媒とを所定量混合して共通電極ペーストを調製した。

【0053】

次に、上記で得られた共通電極ペーストを塗布したグリーンシートと、共通電極ペーストを塗布していないグリーンシートとを積層し、熱を加えて圧着して母体積層体を形成し、この母体積層体を切断して積層体を形成し、酸素雰囲気中、 1000°C で 2 時間の焼成を行い、圧電アクチュエータ本体を形成した。

10

【0054】

次に、この圧電アクチュエータ本体の一方の表面に Au を主成分とする電極ペーストをスクリーン印刷し、ついで、 750°C で焼付けを行って駆動電極 5 a、接続端子 5 b となる接続端子 5 b パターンおよび接続部 5 c を形成した。さらに、 Ag を主成分とする電極ペーストを前記接続端子 5 b パターン上にスクリーン印刷し、ついで、 600°C で焼付けを行って外部配線基板との接続端子となる接続端子 5 b を形成し、接続端子 5 b が駆動電極 5 a および接続部 5 c よりも高くなるようにした。なお、個別電極 5 は、圧電セラミック層 4 の表面に 1cm^2 当たり 150 個の密度で配列した。

20

【0055】

ついで、ホイールに装着したダイヤモンドバイトを回転させて、上記で得られた複数の接続端子 5 b の表面を表 1 に示す高さの最大差となるように切削し、平坦化処理を行った。そして、この圧電アクチュエータ本体を流路部材 16 にエポキシ系接着剤にて接合し、さらに、平均粒子径 $8 \mu\text{m}$ の導電性粒子を含む導電性接着剤 [異方性導電樹脂ペースト (ACP)] で、接続端子 (ランド) と外部配線基板とを接続し、図 2 に示すようなインクジェット記録ヘッドを作製した (表 1 中の試料 No. 1 ~ 5)。

【0056】

なお、表 1 中の「最大値」とは、平坦化処理後の各接続端子における最大高さを意味し、「最小値」とは、平坦化処理後の各接続端子における最小高さを意味し、「最大差」とは、前記最大値および最小値の差を意味する。また、前記最大値および最小値は、平坦化処理後の各接続端子をレーザー変位計で測定して得られた値である。

30

【0057】

< インクジェット記録ヘッドの評価 >

上記で得られたインクジェット記録ヘッド (表 1 中の試料 No. 1 ~ 5) について、個別電極と外部配線基板との接続信頼性を温度サイクル試験で評価した。評価方法を以下に示すと共に、その結果を表 1 に示す。

【0058】

(温度サイクル試験の評価方法)

0 の状態が 30 分、 60°C の状態が 30 分、サイクル数を 100 に設定し、100 サイクル後の個別電極に対応する圧電体の容量値を測定し、接続不良箇所数を測定した。なお、個別電極および外部配線基板の接続 20 箇所を評価した。

40

【0059】

【表 1】

試料No.	接続端子(ランド)の厚み			温度サイクル試験	
	最大値 (μm)	最小値 (μm)	最大差 (μm)	接続不良箇所 (不良箇所/20箇所)	判定
1	12	10	2	0/20	○
2	13	10	3	0/20	○
3	13	9	4	0/20	○
*4	15	10	5	1/20	×
*5	14	8	6	2/20	×

*印は本発明の範囲外の試料を示す。

10

【0060】

表1から明らかなように、本発明の範囲内である試料No. 1～3（最大差が4 μm 以下）は、温度サイクル試験による接続不良の発生は見られなかった。このことから、個別電極と外部配線基板との接続信頼性に優れた圧電アクチュエータが得られているのがわかる。これに対し、接続端子（ランド）の高さの最大差が5 μm 以上の、本発明の範囲外の試料No. 4、5では、温度サイクル試験後に接続不良箇所が発生した。

20

【図面の簡単な説明】

【0061】

【図1】(a)は、本発明の一実施形態にかかる圧電アクチュエータを示す平面図であり、(b)は、(a)のA-A線断面図である。

【図2】(a)は、本発明の一実施形態にかかるインクジェット記録ヘッドを示す平面図であり、(b)は、(a)のB-B線断面図である。

【図3】(a)は、従来のインクジェット記録ヘッドを示す平面図であり、(b)は、(a)のC-C線断面図である。

【符号の説明】

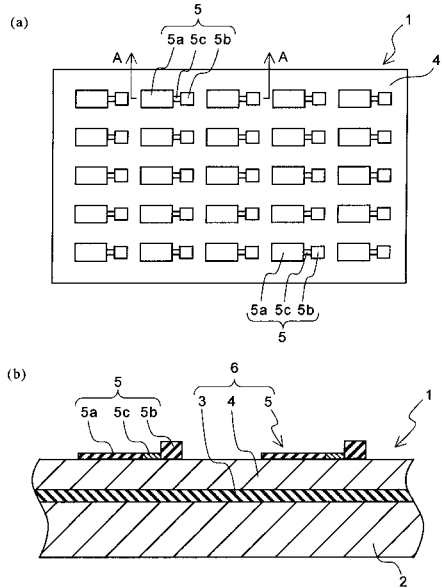
【0062】

- 1 圧電アクチュエータ
- 2 振動板
- 3 共通電極
- 4 圧電セラミック層
- 5 個別電極
- 5 a 駆動電極
- 5 b 接続端子
- 6 変位素子
- 1 6 流路部材
- 1 6 a インク加圧室
- 1 6 b 隔壁
- 1 8 インク吐出孔
- 2 0 インクジェット記録ヘッド
- 3 0 外部配線基板
- 3 1 異方性導電樹脂ペースト (ACP)

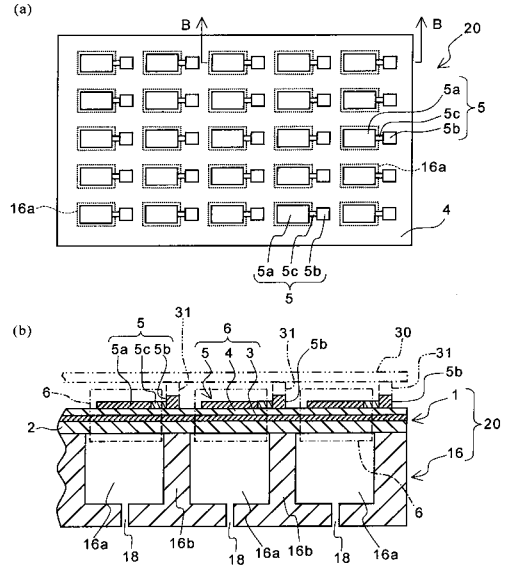
30

40

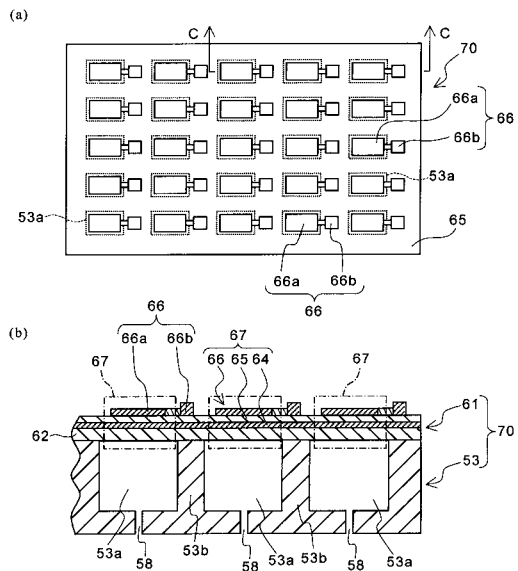
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



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 41/22	Z
	H 0 1 L 41/18	1 0 1 B
	H 0 1 L 41/18	1 0 1 D
	H 0 1 L 41/18	1 0 1 J

Fターム(参考) 2C057 AF65 AG12 AG44 AG89 AG90 AG93 AP02 AP14 AP25 AP31
BA04 BA14