

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6034493号  
(P6034493)

(45) 発行日 平成28年11月30日(2016.11.30)

(24) 登録日 平成28年11月4日(2016.11.4)

(51) Int.Cl.	F I
HO 1 L 41/187 (2006.01)	HO 1 L 41/187
B 4 1 J 2/14 (2006.01)	B 4 1 J 2/14 3 0 5
HO 1 L 41/09 (2006.01)	B 4 1 J 2/14 6 1 3
CO 4 B 35/00 (2006.01)	HO 1 L 41/09
CO 4 B 37/02 (2006.01)	CO 4 B 35/00 J
請求項の数 6 (全 23 頁) 最終頁に続く	

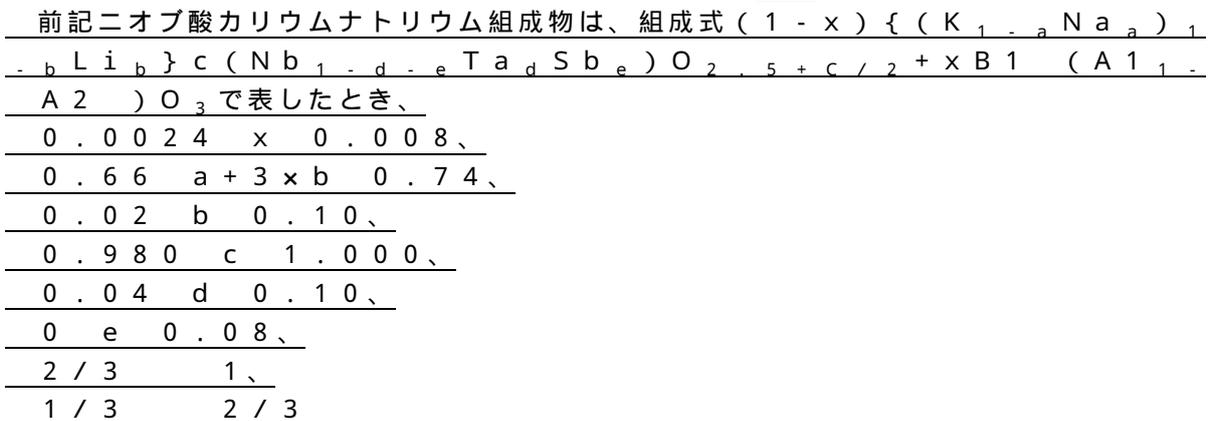
(21) 出願番号 特願2015-528481 (P2015-528481)	(73) 特許権者 000006633 京セラ株式会社 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地
(86) (22) 出願日 平成26年11月28日(2014.11.28)	(72) 発明者 東別府 誠 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 京セラ株式会社内
(86) 国際出願番号 PCT/JP2014/081593	(72) 発明者 田畑 周平 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 京セラ株式会社内
(87) 国際公開番号 W02015/080256	(72) 発明者 江口 知宣 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 京セラ株式会社内
(87) 国際公開日 平成27年6月4日(2015.6.4)	(72) 発明者 佐藤 出 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 京セラ株式会社内
審査請求日 平成27年6月4日(2015.6.4)	最終頁に続く
(31) 優先権主張番号 特願2013-246247 (P2013-246247)	
(32) 優先日 平成25年11月28日(2013.11.28)	
(33) 優先権主張国 日本国(JP)	
(31) 優先権主張番号 特願2014-60148 (P2014-60148)	
(32) 優先日 平成26年3月24日(2014.3.24)	
(33) 優先権主張国 日本国(JP)	

(54) 【発明の名称】 圧電素子、およびそれを用いた圧電部材、液体吐出ヘッド、ならびに記録装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ニオブ酸カリウムナトリウム組成物を主成分とする圧電体を含む圧電素子であって、該圧電体は、平面方向に広がっているとともに、該平面方向に圧縮応力が加わっており、かつ正方晶と斜方晶との間の相転移点が - 20 以下であり、



の範囲であり、A1が、Mg、CuおよびZnからなる元素群のうち少なくともいずれか1種であり、A2が、Nb、Ta、Sb、Ti、Zr、Hf、Ge、SnおよびCeからなる元素群のうち少なくともいずれか1種であり、B1が、Bi、Ca、BaおよびSrからなる元素群のうち少なくともいずれか1種であることを特徴とする圧電素子。

## 【請求項 2】

前記ニオブ酸カリウムナトリウム組成物の、正方晶における結晶軸比  $c/a$  が 1.01 以上であることを特徴とする請求項 1 に記載の圧電素子。

## 【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載の圧電素子と、前記圧電体と接合されている、該圧電体より熱膨張係数の大きい支持体とを含んでいることを特徴とする圧電部材。

## 【請求項 4】

複数の吐出孔、および該複数の吐出孔とそれぞれ繋がっている複数の加圧室を有している流路部材と、該流路部材に接合されており、前記複数の加圧室内の液体をそれぞれ加圧する複数の請求項 1 または 2 に記載の圧電素子を有している圧電アクチュエータ基板とを備えている液体吐出ヘッドであって、前記圧電体は、前記複数の加圧室に渡って延在していることを特徴とする液体吐出ヘッド。

10

## 【請求項 5】

前記流路部材は、前記圧電アクチュエータ基板より熱膨張係数が大きく、前記圧電アクチュエータ基板と前記流路部材とが接合されていることを特徴とする請求項 4 に記載の液体吐出ヘッド。

## 【請求項 6】

請求項 4 または 5 に記載の液体吐出ヘッドと、記録媒体を前記液体吐出ヘッドに対して搬送する搬送部と、前記液体吐出ヘッドを制御する制御部を備えていることを特徴とする記録装置。

20

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、圧電素子、およびそれを用いた圧電部材、液体吐出ヘッド、ならびに記録装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来、液体吐出ヘッドとして、例えば、液体を記録媒体上に吐出することによって、各種の印刷を行なう液体吐出ヘッドが知られている。液体吐出ヘッドは、例えば、ニオブ酸カリウムナトリウム (KNN) 系の圧電素子を用いて加圧室内の液体に圧力を加えて、液体を吐出させる (例えば、特許文献 1 を参照。 )。

30

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0003】

【特許文献 1】国際公開第 02/073710 号パンフレット

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

平板状の圧電アクチュエータ基板と平板状の流路部材とを積層して、液体吐出ヘッドを構成する場合、吐出する液体に対する耐性が必要とされるなどの理由で、熱硬化性の接着剤が用いられることがある。また、流路部材としては金属製のものが用いられ、圧電アクチュエータ基板より熱膨張係数が大きい場合が多いので、熱硬化の接着工程を経ることで、圧電アクチュエータ基板は、平面方向に圧縮応力が加わった状態になる。チタン酸ジルコン酸鉛 (PZT) 系の圧電材料においては、圧縮応力が加わった状態にされることで、圧電素子である変位素子を繰り返し駆動した際の変位量の低下を少なくできるが、KNN 系の圧電材料では、この効果が十分得られないという問題があった。

40

## 【0005】

これはより一般的に言えば、KNN 系の圧電材料を、圧縮応力を加えた状態で使用すると、経時的な特性変動が大きくなるという問題である。

## 【課題を解決するための手段】

50

## 【0006】

本発明の圧電素子は、ニオブ酸カリウムナトリウム組成物を主成分とする圧電体を含む圧電素子であって、該圧電体は、平面方向に広がっているととも、該平面方向に圧縮応力が加わっており、かつ正方晶と斜方晶との間の相転移点が $-20$ 以下であり、前記ニオブ酸カリウムナトリウム組成物は、組成式 $(1-x)\{(K_{1-a}Na_a)_{1-b}Li_b\}c(Nb_{1-d-e}Ta_dSb_e)O_{2.5+c/2+x}B1(A1_{1-A2})O_3$ で表したとき、 $0.0024 < x < 0.008$ 、 $0.66 < a + 3 \times b < 0.74$ 、 $0.02 < b < 0.10$ 、 $0.980 < c < 1.000$ 、 $0.04 < d < 0.10$ 、 $0 < e < 0.08$ 、 $2/3 < 1 < 1/3 < 2/3$ の範囲であり、 $A1$ が、 $Mg$ 、 $Cu$ および $Zn$ からなる元素群のうち少なくともいずれか1種であり、 $A2$ が、 $Nb$ 、 $Ta$ 、 $Sb$ 、 $Ti$ 、 $Zr$ 、 $Hf$ 、 $Ge$ 、 $Sn$ および $Ce$ からなる元素群のうち少なくともいずれか1種であり、 $B1$ が、 $Bi$ 、 $Ca$ 、 $Ba$ および $Sr$ からなる元素群のうち少なくともいずれか1種であることを特徴とする。

10

## 【0007】

また、本発明の圧電部材は、前記圧電素子と、前記圧電体と接合されている、該圧電体より熱膨張係数の大きい支持体とを含んでいることを特徴とする。

## 【0008】

また、本発明の液体吐出ヘッドは、複数の吐出孔、および該複数の吐出孔とそれぞれ繋がっている複数の加圧室を有している流路部材と、該流路部材に接合されており、前記複数の加圧室内の液体をそれぞれ加圧する複数の前記圧電素子を有している圧電アクチュエータ基板とを備えている液体吐出ヘッドであって、前記圧電体は、前記複数の加圧室に渡って延在していることを特徴とする。

20

## 【0009】

また、本発明の記録装置は、前記液体吐出ヘッドと、記録媒体を前記液体吐出ヘッドに対して搬送する搬送部と、前記液体吐出ヘッドを制御する制御部を備えていることを特徴とする。

## 【発明の効果】

## 【0010】

本発明の圧電素子によれば、相転移点が $-20$ と使用温度より低いことにより、圧電体に圧縮応力が加わった状態で使用しても、特性の変動を小さくできる。

30

## 【図面の簡単な説明】

## 【0011】

【図1】(a)は、本発明の一実施形態に係る液体吐出ヘッドを含む記録装置の側面図であり、(b)は平面図である。

【図2】図1の液体吐出ヘッドの要部であるヘッド本体の平面図である。

【図3】図2(a)の一点鎖線に囲まれた領域の拡大図であり、説明のため一部の流路を省略した図である。

【図4】図2(a)の一点鎖線に囲まれた領域の拡大図であり、説明のため一部の流路を省略した図である。

【図5】図3のV-V線に沿った縦断面図である。

40

【図6】相転移点と、温度サイクル試験後の $d_{31}$ の変化率との関係を示すグラフである。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0012】

図1(a)は、本発明の一実施形態に係る液体吐出ヘッド2を含む記録装置であるカラーインクジェットプリンタ1(以下で単にプリンタと言うことがある)の概略の側面図であり、図1(b)は、概略の平面図である。プリンタ1は、記録媒体である印刷用紙Pを搬送ローラ80aから搬送ローラ80bへと搬送することにより、印刷用紙Pを液体吐出ヘッド2に対して相対的に移動させる。制御部88は、画像や文字のデータに基づいて、液体吐出ヘッド2を制御して、記録媒体Pに向けて液体を吐出させ、印刷用紙Pに液滴を

50

着弾させて、印刷用紙 P に印刷などの記録を行なう。

【 0 0 1 3 】

本実施形態では、液体吐出ヘッド 2 はプリンタ 1 に対して固定されており、プリンタ 1 はいわゆるラインプリンタとなっている。本発明の記録装置の他の実施形態としては、液体吐出ヘッド 2 を、印刷用紙 P の搬送方向に交差する方向、例えば、ほぼ直交する方向に往復させるなどして移動させる動作と、印刷用紙 P の搬送を交互に行なう、いわゆるシリアルプリンタが挙げられる。

【 0 0 1 4 】

プリンタ 1 には、印刷用紙 P とほぼ平行するように平板状のヘッド搭載フレーム 7 0 (以下で単にフレームということがある) が固定されている。フレーム 7 0 には図示しない 2 0 個の孔が設けられており、2 0 個の液体吐出ヘッド 2 がそれぞれの孔の部分に搭載されていて、液体吐出ヘッド 2 の、液体を吐出する部位が印刷用紙 P に面するようになっている。液体吐出ヘッド 2 と印刷用紙 P との間の距離は、例えば 0 . 5 ~ 2 0 mm 程度とされる。5 つの液体吐出ヘッド 2 は、1 つのヘッド群 7 2 を構成しており、プリンタ 1 は、4 つのヘッド群 7 2 を有している。

【 0 0 1 5 】

液体吐出ヘッド 2 は、図 1 ( a ) の手前から奥へ向かう方向、図 1 ( b ) の上下方向に細長い長尺形状を有している。この長い方向を長手方向と呼ぶことがある。1 つのヘッド群 7 2 内において、3 つの液体吐出ヘッド 2 は、印刷用紙 P の搬送方向に交差する方向、例えば、ほぼ直交する方向に沿って並んでおり、他の 2 つの液体吐出ヘッド 2 は搬送方向に沿ってずれた位置で、3 つ液体吐出ヘッド 2 の間にそれぞれ一つずつ並んでいる。液体吐出ヘッド 2 は、各液体吐出ヘッド 2 で印刷可能な範囲が、印刷用紙 P の幅方向に (印刷用紙 P の搬送方向に交差する方向に) 繋がるように、あるいは端が重複するように配置されており、印刷用紙 P の幅方向に隙間のない印刷が可能になっている。

【 0 0 1 6 】

4 つのヘッド群 7 2 は、記録用紙 P の搬送方向に沿って配置されている。各液体吐出ヘッド 2 には、図示しない液体タンクから液体、例えば、インクが供給される。1 つのヘッド群 7 2 に属する液体吐出ヘッド 2 には、同じ色のインクが供給されるようになっており、4 つのヘッド群で 4 色のインクが印刷できる。各ヘッド群 7 2 から吐出されるインクの色は、例えば、マゼンタ ( M )、イエロー ( Y )、シアン ( C ) およびブラック ( K ) である。このようなインクを、制御部 8 8 で制御して印刷すれば、カラー画像が印刷できる。

【 0 0 1 7 】

プリンタ 1 に搭載されている液体吐出ヘッド 2 の個数は、単色で、1 つの液体吐出ヘッド 2 で印刷可能な範囲を印刷するのなら 1 つでもよい。ヘッドの群 7 2 に含まれる液体吐出ヘッド 2 の個数や、ヘッド群 7 2 の個数は、印刷する対象や印刷条件により適宜変更できる。例えば、さらに多色の印刷をするためにヘッドの群 7 2 の個数を増やしてもよい。また、同色で印刷するヘッド群 7 2 を複数配置して、搬送方向に交互に印刷すれば、同じ性能の液体吐出ヘッド 2 を使用しても搬送速度を速くできる。これにより、時間当たりの印刷面積を大きくすることができる。また、同色で印刷するヘッド群 7 2 を複数準備して、搬送方向と交差する方向にずらして配置して、印刷用紙 P の幅方向の解像度を高くしてもよい。

【 0 0 1 8 】

さらに、色の付いたインクを印刷する以外に、印刷用紙 P の表面処理をするために、コーティング剤などの液体を印刷してもよい。

【 0 0 1 9 】

プリンタ 1 は、記録媒体である印刷用紙 P に印刷を行なう。印刷用紙 P は、給紙ローラ 8 0 a に巻き取られた状態になっており、2 つのガイドローラ 8 2 a の間を通った後、フレーム 7 0 に搭載されている液体吐出ヘッド 2 の下側を通り、その後 2 つの搬送ローラ 8 2 b の間を通り、最終的に回収ローラ 8 0 b に回収される。印刷する際には、搬送ローラ

10

20

30

40

50

82bを回転させることで印刷用紙Pは、一定速度で搬送され、液体吐出ヘッド2によって印刷される。回収ローラ80bは、搬送ローラ82bから送り出された印刷用紙Pを巻き取る。搬送速度は、例えば、75m/分とされる。各ローラは、制御部88によって制御されてもよいし、人によって手動で操作されてもよい。

【0020】

記録媒体は、印刷用紙P以外に、ロール状の布などでもよい。また、プリンタ1は、印刷用紙Pを直接搬送する代わりに、搬送ベルトを直接搬送して、記録媒体を搬送ベルトに置いて搬送してもよい。そのようにすれば、枚葉紙や裁断された布、木材、タイルなどを記録媒体にできる。さらに、液体吐出ヘッド2から導電性の粒子を含む液体を吐出するようにして、電子機器の配線パターンなどを印刷してもよい。またさらに、液体吐出ヘッド2から反応容器などに向けて所定量の液体の化学薬剤や化学薬剤を含んだ液体を吐出させて、反応させるなどして、化学薬品を作製してもよい。

10

【0021】

また、プリンタ1に、位置センサ、速度センサ、温度センサなどを取り付け、制御部88が、各センサからの情報から分かるプリンタ1各部の状態に応じて、プリンタ1の各部を制御してもよい。例えば、液体吐出ヘッド2の温度や液体タンクの液体の温度、液体タンクの液体が液体吐出ヘッド2に加えている圧力などが、吐出される液体の吐出特性（吐出量や吐出速度など）に影響を与えている場合などに、それらの情報に応じて、液体吐出ヘッド2において液体を吐出させる駆動信号を変えるようにしてもよい。

【0022】

20

次に、本発明の一実施形態の液体吐出ヘッド2について説明する。図2は、図1に示された液体吐出ヘッド2の要部であるヘッド本体2aを示す平面図である。図3は、図2の一点鎖線で囲まれた領域の拡大平面図であり、ヘッド本体2aの一部である。図3では、説明のため、一部の流路を省略して描いている。図4は、図3と同じ位置の拡大平面図であり、図3とは別の一部の流路を省略して描いている。なお、図3および図4において、図面を分かり易くするために、圧電アクチュエータ基板21の下方にあって破線で描くべき加圧室10、しぼり6および吐出孔8などを実線で描いている。図5は、図3のV-V線に沿った縦断面図である。

【0023】

液体吐出ヘッド2は、ヘッド本体2a以外に、ヘッド本体2aに液体を供給するリザーバや、金属製の筐体を含んでいてもよい。また、ヘッド本体2aは、支持体である流路部材4と、圧電素子である変位素子30が作り込まれている圧電アクチュエータ基板21とを含んでいる。

30

【0024】

ヘッド本体2aを構成する流路部材4は、共通流路であるマニホールド5と、マニホールド5と繋がっている複数の加圧室10と、複数の加圧室10とそれぞれ繋がっている複数の吐出孔8とを備えている。加圧室10は流路部材4の上面に開口しており、流路部材4の上面が加圧室面4-2となっている。また、流路部材4の上面は、マニホールド5と繋がっている開口5aを有し、この開口5aより液体が供給されるようになっている。

【0025】

40

また、流路部材4の上面には、変位素子30を含む圧電アクチュエータ基板21が接合されており、各変位素子30が加圧室10上に位置するように配置されている。また、圧電アクチュエータ基板21には、各変位素子30に信号を供給するためのFPC(Flexible Printed Circuit)などの信号伝達部60が接続されている。図2には、2つの信号伝達部60が圧電アクチュエータ基板21に接続されている状態が分かるように、信号伝達部60の圧電アクチュエータ基板21に接続されている付近の外形を点線で示した。圧電アクチュエータ基板21に電氣的に接続されている、信号伝達部60に形成されている電極は、信号伝達部60の端部に、矩形状に配置されている。2つの信号伝達部60は、圧電アクチュエータ基板21の短手方向の中央部にそれぞれの端がくるように接続されている。2つの信号伝達部60は、中央部から圧電アクチュエータ基板21の長辺に向かって

50

伸びている。

【 0 0 2 6 】

ヘッド本体 2 a は、平板状の流路部材 4 と、流路部材 4 上に接合された変位素子 3 0 を含む圧電アクチュエータ基板 2 1 を 1 つ有している。圧電アクチュエータ基板 2 1 の平面形状は長方形であり、その長方形の長辺が流路部材 4 の長手方向に沿うように流路部材 4 の上面に配置されている。

【 0 0 2 7 】

流路部材 4 の内部には 2 つのマニホールド 5 が形成されている。マニホールド 5 は流路部材 4 の長手方向の一端部側から、他端部側に延びる細長い形状を有しており、その両端部において、流路部材 4 の上面に開口しているマニホールド 5 の開口 5 a が形成されている。

10

【 0 0 2 8 】

また、マニホールド 5 は、少なくとも加圧室 1 0 に繋がっている領域である長手方向における中央部分において、短手方向に間隔を開けて設けられた隔壁 1 5 で仕切られている。隔壁 1 5 は、加圧室 1 0 に繋がっている領域である長手方向の中央部分においては、マニホールド 5 と同じ高さを有し、マニホールド 5 を複数の副マニホールド 5 b に完全に仕切っている。このようにすることで、平面視したときに、隔壁 1 5 と重なるように、吐出孔 8 および吐出孔 8 から加圧室 1 0 に繋がっている流路を設けることができる。

【 0 0 2 9 】

流路部材 4 は、複数の加圧室 1 0 が 2 次元的に広がって形成されている。加圧室 1 0 は、角部にアールが施されたほぼ菱形あるいは楕円形状の平面形状を有する中空の領域である。

20

【 0 0 3 0 】

加圧室 1 0 は 1 つの副マニホールド 5 b と個別供給流路 1 4 を介して繋がっている。1 つの副マニホールド 5 b に沿うようにして、この副マニホールド 5 b に繋がっている加圧室 1 0 の行である加圧室行 1 1 が、副マニホールド 5 b の両側に 1 行ずつ、合計 2 行設けられている。したがって、1 つのマニホールド 5 に対して、1 6 行の加圧室 1 1 が設けられており、ヘッド本体 2 a 全体では 3 2 行の加圧室行 1 1 が設けられている。各加圧室行 1 1 における加圧室 1 0 の長手方向の間隔は同じであり、例えば、3 7 . 5 d p i の間隔となっている。

30

【 0 0 3 1 】

1 つのマニホールド 5 に繋がっている加圧室 1 0 は、矩形の圧電アクチュエータ基板 2 1 の各外辺に沿った行および列を成す格子状に配置されている。これにより、圧電アクチュエータ基板 2 1 の外辺から、加圧室 1 0 の上に形成されている個別電極 2 5 が等距離に配置されることになるので、個別電極 2 5 を形成する際に、圧電アクチュエータ基板 2 1 に変形が生じ難くできる。圧電アクチュエータ基板 2 1 と流路部材 4 とを接合する際に、この変形が大きいと外辺に近い変位素子 3 0 に応力が加わり、変位特性にばらつきが生じるおそれがあるが、変形を少なくすることで、そのばらつきを低減できる。また、最も外辺に近い加圧室行 1 1 の外側にダミー加圧室 1 6 のダミー加圧室行が設けられているために、変形の影響をより受け難くできる。加圧室行 1 1 に属する加圧室 1 0 は等間隔で配置されており、加圧室行 1 1 に対応する個別電極 2 5 も等間隔で配置されている。加圧室行 1 1 は短手方向に等間隔で配置されており、加圧室行 1 1 に対応する個別電極 2 5 の行も短手方向に等間隔で配置されている。これにより、特にクロストークの影響が大きくなる部位をなくすことができる。

40

【 0 0 3 2 】

本実施形態では、加圧室 1 0 は格子状に配置したが、隣り合う圧室列 1 1 の加圧室 1 0 が互いの間に位置するように千鳥状に配置してもよい。このようにすると、隣接加圧室行 1 1 に属する加圧室 1 0 の間の距離がより長くなるので、よりクロストークを抑制できる。

【 0 0 3 3 】

50

加圧室行 11 をどのように並べるかによらず、流路部材 4 を平面視したとき、1 つの加圧室行 11 に属する加圧室 10 が、隣接する加圧室行 11 に属する加圧室 10 と、液体吐出ヘッド 2 の長手方向において、重ならないように配置することにより、クロストークを抑制できる。一方、加圧室行 11 の間の距離を離すと、液体吐出ヘッド 2 の幅が大きくなるので、プリンタ 1 に対する液体吐出ヘッド 2 の設置角度の精度や、複数の液体吐出ヘッド 2 を使用する際の、液体吐出ヘッド 2 の相対位置の精度が印刷結果に与える影響が大きくなる。そこで、隔壁 15 の幅を副マニホールド 5 b よりも小さくすることで、それらの精度が印刷結果に与える影響を少なくできる。

#### 【 0 0 3 4 】

1 つの副マニホールド 5 b に繋がっている加圧室 10 は、2 列の加圧室行 11 をなしており、1 つの加圧室行 11 に属する加圧室 10 から繋がっている吐出孔 8 は、1 つの吐出孔行 9 をなしている。2 行の加圧室行 11 に属する加圧室 10 に繋がっている吐出孔 8 はそれぞれ、副マニホールド 5 b の異なる側に開口している。図 4 では隔壁 15 には、2 行の吐出孔行 9 が設けられているが、それぞれの吐出孔行 9 に属する吐出孔 8 は、吐出孔 8 に近い側の副マニホールド 5 b に加圧室 10 を介して繋がっている。隣接する副マニホールド 5 b に加圧室行 11 を介して繋がっている吐出孔 8 と液体吐出ヘッド 2 の長手方向において重ならないように配置されていると、加圧室 10 と吐出孔 8 とを繋ぐ流路間のクロストークが抑制できるので、さらにクロストークを少なくすることができる。加圧室 10 と吐出孔 8 とを繋ぐ流路全体が、液体吐出ヘッド 2 の長手方向において重ならないように配置されていると、さらにクロストークを少なくすることができる。

#### 【 0 0 3 5 】

1 つのマニホールド 5 に繋がっている複数の加圧室 10 により加圧室群（変位素子群 31 と同じ範囲である）が構成されており、マニホールド 5 が 2 つあるため、加圧室群は 2 つある。各加圧室群内における吐出に関わる加圧室 10 の配置は同じで、短手方向に平行移動させた位置に配置されている。これらの加圧室 10 は、流路部材 4 の上面における圧電アクチュエータ基板 21 に対向する領域に、加圧室群間などの少し間隔が広がった部分があるものの、ほぼ全面に渡って配列されている。つまり、これらの加圧室 10 によって形成された加圧室群は圧電アクチュエータ基板 21 とほぼ同一の形状の領域を占有している。また、各加圧室 10 の開口は、流路部材 4 の上面に圧電アクチュエータ基板 21 が接合されることで閉塞されている。

#### 【 0 0 3 6 】

加圧室 10 の個別供給流路 14 が繋がっている角部と対向する角部からは、流路部材 4 の下面の吐出孔面 4 - 1 に開口している吐出孔 8 に繋がる流路が伸びている。この流路は、平面視において、加圧室 10 から離れる方向に伸びている。より具体的には、加圧室 10 の長い対角線に沿う方向に離れつつ、その方向に対して左右にずれながら伸びている。これにより、加圧室 10 は各加圧室行 11 内での間隔が 37.5 dpi になっている格子状の配置にしつつ、吐出孔 8 は、全体で 1200 dpi の間隔で配置することができる。

#### 【 0 0 3 7 】

これは別の言い方をすると、流路部材 4 の長手方向に平行な仮想直線に対して直交するように吐出孔 8 を投影すると、図 4 に示した仮想直線の R の範囲に、各マニホールド 5 に繋がっている 16 個の吐出孔 8、全部で 32 個の吐出孔 8 が、1200 dpi の等間隔となっているということである。これにより、すべてのマニホールド 5 に同じ色のインクを供給することで、全体として長手方向に 1200 dpi の解像度で画像が形成可能となる。また、1 つのマニホールド 5 に繋がっている 1 個の吐出孔 8 は、仮想直線の R の範囲で 600 dpi の等間隔になっている。これにより、各マニホールド 5 に異なる色のインクを供給することで、全体として長手方向に 600 dpi の解像度で 2 色の画像が形成可能となる。この場合、2 つの液体吐出ヘッド 2 を用いれば、600 dpi の解像度で 4 色の画像が形成可能となり、600 dpi で印刷可能な液体吐出ヘッドを用いるよりも、印刷精度が高くなり、印刷のセッティングも簡単にできる。なお、ヘッド本体 2 a の短手方向に並んでいる 1 列の加圧室列に属する加圧室 10 から繋がっている吐出孔 8 で、仮想直線

10

20

30

40

50

のRの範囲がカバーされている。

【0038】

圧電アクチュエータ基板21の上面における各加圧室10に対向する位置には個別電極25がそれぞれ形成されている。個別電極25は、加圧室10より一回り小さく、加圧室10とほぼ相似な形状を有している個別電極本体25aと、個別電極本体25aから引き出されている引出電極25bとを含んでおり、個別電極25は、加圧室10と同じように、個別電極列および個別電極群を構成している。また、圧電アクチュエータ基板21の上面には、共通電極24とビアホールを介して電氣的に接続されている共通電極用表面電極28が形成されている。共通電極用表面電極28は、圧電アクチュエータ基板21の短手方向の中央部に、長手方向に沿うように2行形成され、また、長手方向の端近くで短手方向に沿って1列形成されている。図示した共通電極用表面電極28は直線上に断続的に形成されたものであるが、直線上に連続的に形成してもよい。共通電極用表面電極28と共通電極24とは、圧電セラミック層21bに配置された、図示しないビアホール内の導体を通じて、電氣的に接続される。

10

【0039】

圧電アクチュエータ基板21には、2枚の信号伝達部60が、圧電アクチュエータ基板21の2つの長辺側から、それぞれ中央に向かうように配置され、接合される。その際、圧電アクチュエータ基板21の引出電極25bおよび共通電極用表面電極28の上に、それぞれ、接続電極26および共通電極用接続電極を形成して接続することで、接続が容易になる。また、その際、共通電極用表面電極28および共通電極用接続電極の面積を接続電極26の面積よりも大きくすれば、信号伝達部60の端部(先端および圧電アクチュエータ基板21の長手方向の端)における接続が、共通電極用表面電極28上の接続により強くできるので、信号伝達部60が端からはがれ難くできる。

20

【0040】

また、吐出孔8は、流路部材4の下面側に配置されたマニホールド5と対向する領域を避けた位置に配置されている。さらに、吐出孔8は、流路部材4の下面側における圧電アクチュエータ基板21と対向する領域内に配置されている。これらの吐出孔8は、1つの群として圧電アクチュエータ基板21とほぼ同一の形状の領域を占有しており、対応する圧電アクチュエータ基板21の変位素子30を変位させることにより吐出孔8から液滴が吐出できる。

30

【0041】

ヘッド本体2aに含まれる流路部材4は、複数のプレートが積層された積層構造を有している。これらのプレートは、流路部材4の上面から順に、キャビティプレート4a、ベースプレート4b、アパーチャ(しぼり)プレート4c、サブライプレート4d、マニホールドプレート4e~j、カバープレート4kおよびノズルプレート4lである。これらのプレートには多数の孔が形成されている。各プレートの厚さは10~300μm程度であることにより、形成する孔の形成精度を高くできる。流路部材4の厚さは、500μm~2mm程度である。各プレートは、これらの孔が互いに連通して個別流路12およびマニホールド5を構成するように、位置合わせして積層されている。ヘッド本体2aは、加圧室10は流路部材4の上面に、マニホールド5は内部の下面側に、吐出孔8は下面にと、個別流路12を構成する各部分が異なる位置に互いに近接して配設され、加圧室10を介してマニホールド5と吐出孔8とが繋がる構成を有している。

40

【0042】

各プレートに形成された孔について説明する。これらの孔には、次のようなものがある。第1に、キャビティプレート4aに形成された加圧室10である。第2に、加圧室10の一端からマニホールド5へと繋がる個別供給流路14を構成する連通孔である。この連通孔は、ベースプレート4b(詳細には加圧室10の入り口)からサブライプレート4c(詳細にはマニホールド5の出口)までの各プレートに形成されている。なお、この個別供給流路14には、アパーチャプレート4cに形成されている、流路の断面積が小さくなっている部位であるしぼり6が含まれている。

50

## 【 0 0 4 3 】

第3に、加圧室10の個別供給路14が繋がっている端と反対の他端から吐出孔8へと連通する流路を構成する連通孔である。この連通孔は、以下の記載においてディセンダ(部分流路)と呼称されることがある。ディセンダは、ベースプレート4b(詳細には加圧室10の出口)からノズルプレート41(詳細には吐出孔8)までの各プレートに形成されている。

## 【 0 0 4 4 】

第4に、副マニホールド5aを構成する連通孔である。この連通孔は、マニホールドプレート4e~jに形成されている。マニホールドプレート4e~jには、副マニホールド5bを構成するように隔壁15となる仕切り部が残るように孔が形成されている。各マニホールドプレート4e~jにおける仕切り部は、ハーフエッチングした支持部(図では省略してある)で各マニホールドプレート4e~jと繋がった状態にされる。

10

## 【 0 0 4 5 】

第1~4の連通孔が相互に繋がり、マニホールド5からの液体の流入口(マニホールド5の出口)から吐出孔8に至る個別流路12を構成している。マニホールド5に供給された液体は、以下の経路で吐出孔8から吐出される。まず、マニホールド5から上方向に向かって、個別供給流路14に入り、しぼり6の一端部に至る。次に、しぼり6の延在方向に沿って水平に進み、しぼり6の他端部に至る。そこから上方に向かって、加圧室10の一端部に至る。さらに、加圧室10の延在方向に沿って水平に進み、加圧室10の他端部に至る。加圧室10からディセンダに入った液体は、水平方向にも移動しつつ、主に下方に向かい、下面に開口した吐出孔8に至って、外部に吐出される。

20

## 【 0 0 4 6 】

圧電アクチュエータ基板21は、圧電体である2枚の圧電セラミック層21a、21bからなる積層構造を有している。これらの圧電セラミック層21a、21bはそれぞれ20 $\mu$ m程度の厚さを有している。圧電アクチュエータ基板21の圧電セラミック層21aの下面から圧電セラミック層21bの上面までの厚さは40 $\mu$ m程度である。圧電セラミック層21a、21bのいずれの層も複数の加圧室10を跨ぐように延在している。これらの圧電セラミック層21a、21bは、ニオブ酸カリウムナトリウム(KNN)を主成分とするセラミックス材料からなる。なお、圧電セラミック層21aは、振動板として働いており、必ずしも圧電体である必要はなく、代わりに、圧電体でない他のセラミック層や金属板を用いてもよい。

30

## 【 0 0 4 7 】

圧電アクチュエータ基板21は、Ag-Pd系などの金属材料からなる共通電極24およびAu系などの金属材料からなる個別電極25を有している。個別電極25は上述のように圧電アクチュエータ基板21の上面における加圧室10と対向する位置に配置されている個別電極本体25aと、そこから引き出された引出電極25bとを含んでいる。引出電極25bの一端の、加圧室10と対向する領域外に引き出された部分には、接続電極26が形成されている。接続電極26は例えばガラスフリットを含む銀-パラジウムからなり、厚さが15 $\mu$ m程度で凸状に形成されている。また、接続電極26は、信号伝達部60に設けられた電極と電氣的に接合されている。詳細は後述するが、個別電極25には、制御部88から信号伝達部60を通じて駆動信号が供給される。駆動信号は、印刷媒体Pの搬送速度と同期して一定の周期で供給される。

40

## 【 0 0 4 8 】

共通電極24は、圧電セラミック層21aと圧電セラミック層21bとの間の領域に面方向のほぼ全面に渡って形成されている。すなわち、共通電極24は、圧電アクチュエータ基板21に対向する領域内のすべての加圧室10を覆うように延在している。共通電極24の厚さは2 $\mu$ m程度である。共通電極24は、圧電セラミック層21a上に個別電極25からなる電極群を避ける位置に形成されている共通電極用表面電極28に、圧電セラミック層21aを貫通して形成されたビアホールを介して繋がっていて、接地され、グラウンド電位に保持されている。共通電極用表面電極28は、多数の個別電極25と同様に、

50

制御部 88 と直接あるいは間接的に接続されている。

【 0 0 4 9 】

圧電セラミック層 21a の個別電極 25 と共通電極 24 とに挟まれている部分は、厚さ方向に分極されており、個別電極 25 に電圧を印加すると変位する、ユニモルフ構造の変位素子 30 となっている。より具体的には、個別電極 25 を共通電極 24 と異なる電位にして圧電セラミック層 21a に対してその分極方向に電界を印加したとき、この電界が印加された部分が、圧電効果により歪む活性部として働く。この構成において、電界と分極とが同方向となるように、制御部 88 により個別電極 25 を共通電極 24 に対して正または負の所定電位にすると、圧電セラミック層 21a の電極に挟まれた部分（活性部）が、面方向に収縮する。一方、非活性層の圧電セラミック層 21b は電界の影響を受けないため、自発的には縮むことがなく活性部の変形を規制しようとする。この結果、圧電セラミック層 21a と圧電セラミック層 21b との間で分極方向への歪みに差が生じて、圧電セラミック層 21b は加圧室 10 側へ凸となるように変形（ユニモルフ変形）する。

10

【 0 0 5 0 】

続いて、液体の吐出動作について、説明する。制御部 88 からの制御でドライバ IC などを通して、個別電極 25 に供給される駆動信号により、変位素子 30 が駆動（変位）させられる。本実施形態では、様々な駆動信号で液体を吐出させることができるが、ここでは、いわゆる引き打ち駆動方法について説明する。

【 0 0 5 1 】

あらかじめ個別電極 25 を共通電極 24 より高い電位（以下高電位と称す）にしておき、吐出要求がある毎に個別電極 25 を共通電極 24 と一旦同じ電位（以下低電位と称す）とし、その後所定のタイミングで再び高電位とする。これにより、個別電極 25 が低電位になるタイミングで、圧電セラミック層 21a、21b が元の（平らな）形状に戻り（始め）、加圧室 10 の容積が初期状態（両電極の電位が異なる状態）と比較して増加する。これにより、加圧室 10 内の液体に負圧が与えられる。そうすると、加圧室 10 内の液体が固有振動周期で振動し始める。具体的には、最初、加圧室 10 の体積が増加し始め、負圧は徐々に小さくなっていく。次いで加圧室 10 の体積は最大になり、圧力はほぼゼロとなる。次いで加圧室 10 の体積は減少し始め、圧力は高くなっていく。その後、圧力がほぼ最大になるタイミングで、個別電極 25 を高電位にする。そうすると最初に加えた振動と、次に加えた振動とが重なり、より大きい圧力が液体に加わる。この圧力がディセンダ

20

30

【 0 0 5 2 】

つまり、高電位を基準として、一定期間低電位とするパルスの駆動信号を個別電極 25 に供給することで、液滴を吐出できる。このパルス幅は、圧力室 10 の液体の固有振動周期の半分の時間である AL（Acoustic Length）とすると、原理的には、液体の吐出速度および吐出量を最大にできる。圧力室 10 の液体の固有振動周期は、液体の物性、圧力室 10 の形状の影響が大きい。それ以外に、圧電アクチュエータ基板 21 の物性や、加圧室 10 に繋がっている流路の特性からの影響も受ける。

【 0 0 5 3 】

なお、パルス幅は、吐出される液滴を 1 つにまとめるようにするなど、他に考慮する要因もあるため、実際は、0.5 AL ~ 1.5 AL 程度の値にされる。また、パルス幅は、AL から外れた値にすることで、吐出量を少なくすることができるため、吐出量を少なくするために AL から外れた値にされる。

40

【 0 0 5 4 】

圧電アクチュエータ基板 21 と流路部材 4 とは、熱硬化性の接着剤で接合される。理由の 1 つは、様々なインクなどの液体を吐出する際には液体に対する耐性が必要となり、熱硬化性の接着剤の方が、常温硬化の接着剤よりも耐性が高いことにある。

【 0 0 5 5 】

また、変位素子 30 に対して、非常に多くの駆動を繰り返すと、変位量が低下することがある。これには様々は要因があるがその一つは、変位素子 30 内の個別電極 25 と共通

50

電極 2 4 とが対向している範囲外の圧電セラミック層 2 1 b は、直接は圧電駆動されない部分であるが、この部分が圧電駆動される部分からの応力を受けて徐々に変形してしまうことにある。P Z T 系の圧電材料においては、この変形を低減させるために圧電セラミック層 2 1 b の平面方向に圧縮応力を加えておくのがよいことが知られている。流路部材 4 として、圧電アクチュエータ基板 2 1 よりも熱膨張係数の大きな材料を用いて、加熱接合すれば、降温過程で圧電アクチュエータ基板 2 1 に圧縮応力が加わった状態にできる。

【 0 0 5 6 】

流路部材 4 としては、耐食性が高いことからステンレス鋼を用いられることが多い。例えば、Fe - Cr 系である SUS 4 1 0 ( マルテンサイト系：熱膨張係数 1 1 . 0 p p m / ) や、SUS 4 3 0 ( フェライト系：熱膨張係数 1 0 . 4 p p m / )、Fe - Cr - Ni 系である SUS 3 0 4 ( オーステナイト系：熱膨張係数 1 7 . 3 p p m / ) や、SUS 3 2 9 ( 複合オーステナイト系：1 2 . 8 p p m / ) が用いられる。いずれも圧電材料に比べて高い熱膨張係数を有する人が多いので、熱硬化後に圧電アクチュエータ基板 2 1 には圧縮応力が加わることになる。

【 0 0 5 7 】

圧電セラミック基板 2 1 としてニオブ酸カリウムナトリウムを用いた場合、熱膨張係数は 3 ~ 5 p p m / 程度であるので圧縮応力が加わった状態になり、上述の場合と同様に、駆動耐久に関しては向上することが期待できる。なお、駆動耐久を高めるためには、圧縮応力は、3 0 M P a 以上加わった状態にするのが好ましい。しかし、ニオブ酸カリウムナトリウムは、組成割合や添加物等により差はあるものの、比較的室温に近い温度に、正方晶と斜方晶との間の相転移点がある。圧縮応力が加わった状態で、上述の接着における降温過程や、使用環境において、この相転移点を跨ぐような温度変化があると、圧電特性の経時的な変化が大きくなる。

【 0 0 5 8 】

この圧電特性の変化を少なくするためには、組成を調節することなどによって、相転移点を - 2 0 以下にすればよい。そのようにすることで圧縮応力が加わっていても、圧電特性の経時的な変化が大きくなることを抑制できる。

【 0 0 5 9 】

接着からの降温過程で相転移点を超える場合、ニオブ酸カリウムナトリウムが正方晶から斜方晶へ変化する際に、体積変化が発生するため、室温に戻したときに残留応力が生じる。その残留応力(圧縮応力)によって圧電体の一部が脱分極する。また、使用環境として - 2 0 までの範囲を考えると、その範囲内に相転移点がある場合、相転移点を跨ぐ温度変化を受けた際に、結晶構造が変化することになり、この際に、流路部材 4 と圧電アクチュエータ基板 2 1 との間の熱膨張差により、圧電体は圧縮応力を受けて構造変化することになるので、同じ結晶構造のまま圧縮応力を受けるよりも影響が大きくなる。相転移点を - 2 0 以下にすれば、上述の要因の影響を小さくできるので、圧縮応力を受けていても、圧電特性の変化を小さくできる。

【 0 0 6 0 】

なお、正方晶での結晶軸比  $c / a$  が、1 . 0 1 以上であれば、圧電特性の変動を小さくできる。圧縮応力が 8 0 M P a 以上と大きい場合、結晶軸比  $c / a$  よりも相転移点の影響が支配的となるため、そのような条件下では、相転移点が - 2 0 以下であることが、特に必要である。

【 0 0 6 1 】

このように用いることのできるニオブ酸カリウムナトリウム組成物とは、純粋なニオブ酸カリウムナトリウムである組成式  $(K_{1-a}Na_a)NbO_3$  で表されるもの、もしくは、その各元素を、同価数の元素などに 2 0 原子%程度まで置換したものである。圧電セラミック層 2 1 a、b が、ニオブ酸カリウムナトリウム組成物を主成分とするとは、純粋なニオブ酸カリウムナトリウム、もしくは、次に示すニオブ酸カリウムナトリウム組成物が 8 0 質量%、さらに 9 0 質量%、特に 9 5 質量%以上であることをいう。

【 0 0 6 2 】

10

20

30

40

50

ニオブ酸カリウムナトリウム組成物は、K、Na、Nb以外に、少なくとも、Liと、Taとを含むものである。さらに、Mg、CuおよびZnからなる元素群のうち少なくともいずれか1種と、Bi、Ca、BaおよびSrからなる元素群のうち少なくともいずれか1種とを含むのが好ましい。さらに、Sbを含んでもよい。

#### 【0063】

より具体的なニオブ酸カリウムナトリウム組成物の組成は、組成式  $(1-x)\{(K_{1-a}Na_a)_{1-b}Li_b\}_c(Nb_{1-d-e}Ta_dSb_e)O_{2.5+c/2+x}B_{1-(A1_1-A2)}O_3$  で表したとき、 $0.0024 < x < 0.008$ 、 $0.66 < a+3x < 0.74$ 、 $0.02 < b < 0.10$ 、 $0.980 < c < 1.000$ 、 $0.04 < d < 0.10$ 、 $0 < e < 0.08$ 、 $2/3 < 1 < 1/3 < 2/3$  の範囲であり、A1が、Mg、CuおよびZnからなる元素群のうち少なくともいずれか1種であり、A2が、Nb、Ta、Sb、Ti、Zr、Hf、Ge、SnおよびCeからなる元素群のうち少なくともいずれか1種であり、B1が、Bi、Ca、BaおよびSrからなる元素群のうち少なくともいずれか1種とすることで圧電特性を高くすることができる。A1は、焼結性が良くなり、圧電特性も特に高くなるので、Znが特に好ましい。A2は、圧電特性が特に高くなり、絶縁性も高くなるので、Snが特に好ましい。

10

#### 【0064】

また、 $0.66 < a+3x < 0.74$  であると、Kの一部をNaで置換することになるので、圧電定数を高く、かつ結晶構造を正方晶性化することができる。bを0.02以上とすれば、LiがAサイトに導入されることになるので、圧電磁器の焼結性を高めることができ、bを $0.02 < b < 0.10$ の範囲とすることにより、圧電特性を高くする、あるいは、結晶構造を正方晶性化することができる。cは、 $0.980 < c < 1.000$ の範囲とする。これは、ペロブスカイト構造のAサイト原子がBサイト原子に対して1.000を超えて過剰に含まれると、絶縁性および圧電特性が低下し、 $0.980$ より小さくなると圧電特性が急激に低下するおそれがあるからである。

20

#### 【0065】

$0.04 < d < 0.10$  であると、Nbの一部をTaで置換することになるので、圧電特性を高くすることができる。なお、dが $0.10$ を超えると圧電特性が低下し、さらにキュリー温度が低くなるおそれがある。eを $0 < e < 0.08$ の範囲としたのは、必要に応じてNbの一部をSbで置換することにより焼結性を向上することができるためである。なお、eが $0.08$ を超えると焼結性が低下するおそれがある。

30

#### 【0066】

上記組成式中の  $B_{1-(A1_1-A2)}O_3$  は、単独では複合ペロブスカイト構造を有している。Biは6s<sup>2</sup>孤立電子対を持つため、Biが存在することで、結晶構造に大きな歪が生じる。Ca、Ba、Srも同様な効果を有する。これらの複合酸化物を、 $(K_{1-a}Na_a)_{1-b}Li_b\}_c(Nb_{1-d-e}Ta_dSb_e)O_{2.5+c/2}$  組成に所定量導入することにより、ニオブ酸カリウムナトリウムの結晶構造に歪みが導入されて分極が大きくなり、圧電特性が向上する。また、同時に、圧電特性の温度依存性を小さくすることが可能となる。特に圧電特性を高くするには、B1は、Baであるのが好ましい。なお、Biを含有する化合物は比較的低温で液相を生成するため、Bi複合酸化物を導入することにより、圧電磁器の焼成温度が低下するという効果も得られる。

40

#### 【0067】

ここで、 $2/3 < 1 < 1/3 < 2/3$  の範囲である。 $2/3 < 1 < 1/3 < 2/3$  をこのような範囲とすることにより、ニオブ酸カリウムナトリウムに複合ペロブスカイト組成の酸化物を過不足なく取り込むことができる。なお、 $2/3 < 1 < 1/3 < 2/3$  よりも小さくなると、圧電特性が低下するおそれがあり、 $2/3 < 1 < 1/3 < 2/3$  が1よりも大きくなると、余剰なB1が粒界部に存在することとなるため、圧電特性の低下や、圧電磁器の絶縁性が劣化するおそれがある。

#### 【0068】

ニオブ酸カリウムナトリウムのペロブスカイト構造では、Nbの相対的な量が少し多い程度であれば、多い分のNbはAサイトに配置されると考えられるが、さらにNbが増え

50

ると、結晶格子間に配置されることになると考えられる。この結晶格子間に入ったNbは電荷を運ぶキャリアとして働き、絶縁性を劣化させるおそれがあるので、そのように配置されるのを抑制した方が好ましい。Biよりイオン半径の大きいCa、Ba、Sr等のアルカリ土類金属をペロブスカイト構造の一部に置換することでNbが結晶格子間に配置されることを抑制できる。Bi、Ca、Ba、Srのイオンは電荷を運ぶキャリアとしては働かないので絶縁性を低下させ難い。

【0069】

B1としてのBiとアルカリ土類元素とを比較すると、Biは、焼成温度が低くなる点で好ましい。アルカリ土類元素は、Biの場合よりも圧電定数が高くなる点で好ましい。

【0070】

また、アルカリ土類元素の比率が高い場合と、Biの比率が高い場合とを比べると、アルカリ土類元素の比率が高い方は、比較的相転移点が低くなるので、相転移点を-20以下にするという条件下で、他の組成の比率を調整できる範囲が広がり、自由度が高く好ましい。相転移点を低くするためには、アルカリ土類元素の比率が高い場合は、アルカリ土類元素の含量が、B1全体の75%以上とするのが好ましい。Biの比率が高い場合は、B1は、ほぼBiだけとするのが好ましい。さらに、圧電磁器を導体と同時焼成する場合、Biは反応性が高いため、例えば銀などと反応して、外観の悪い圧電磁器が発生する割合が増える可能性があり、そのようになり難い点でアルカリ土類元素が好ましい。

【0071】

A1はMg、CuおよびZnからなる元素群のうち少なくともいずれか1種であり、A2は、Nb、Ta、Sb、Ti、Zr、Hf、Ge、SnおよびCeからなる元素群のうち少なくともいずれか1種である。これらは、酸素との6配位状態において、Nbと同程度のイオン半径を有している。

【0072】

は1/3 2/3の範囲である。をこのような範囲とすることにより、A1とA2の比率を化学量論比の範囲内とすることができる。なお、A1とA2の比率が化学量論比から著しくずれると、酸素空孔が形成され、圧電特性が低下するおそれがある。

【0073】

なお、A2が5価のイオンとなる元素、すなわちNb、TaおよびSbのうち少なくともいずれか1種の元素である場合は、+を4/3とすることにより、A1とA2を化学量論比の範囲内とすることができ、好ましい。また、A2が4価のイオンとなる元素、すなわちTi、Zr、Hf、Ge、SnおよびCeのうち少なくともいずれか1種である場合は、を1/2とすることにより、A1とA2を化学量論比の範囲内とすることができ、好ましい。なお、各係数の値によっては、B1 (A1<sub>1</sub> A2)O<sub>3</sub>の価数の合計が0でなくなる場合があるが、実際の圧電体の組成としては、「O<sub>3</sub>」部分の3の値が3からずれることで、価数の合計は0に保たれる。

【0074】

また、圧電セラミック層21a、bには、ニオブ酸カリウムナトリウム組成物、すなわち、純粋なニオブ酸カリウムナトリウムや、その一部元素を置換したもの、さらに上述のペロブスカイト成分を含むもの、以外に焼結助剤などの添加成分を含んでもよい。例えば、焼結助剤として、ニオブ酸カリウムナトリウム組成物100質量部に対して、MnをMnO<sub>2</sub>換算で0.1~0.5質量部、あるいはCrをCr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>換算で0.2~1.0質量部加えればよい。

【0075】

以上のような液体吐出ヘッド2は、例えば、以下のようにして作製する。ロールコータ法、スリットコーター法などの一般的なテープ成形法により、KNN系圧電セラミック原料粉末と有機組成物からなるテープの成形を行ない、焼成後に圧電セラミック層21a、21bとなる複数のグリーンシートを作製する。一部のグリーンシートには、その表面に共通電極24となるAg-Pdペーストを印刷法等により形成する。また、必要に応じて

10

20

30

40

50

グリーンシートの一部に共通電極 2 4 と共通電極用表面電極 2 8 とを繋ぐビアホールを形成する。

【 0 0 7 6 】

次に、各グリーンシートを積層して積層体を作製し、加圧密着を行なう。加圧密着後の積層体を高濃度酸素雰囲気下で焼成し、焼成体を得る。その後、焼成体表面に有機金ペーストを用いて個別電極 2 5 を印刷して、焼成する。さらに、A g ペーストを用いて接続電極 2 6 および共通電極用表面電極 2 8 を印刷し、焼成する。A g ペーストは、印刷した際に、グリーンシートに開けたビアホールに入り込み、共通電極 2 4 に接続するので、焼成後、共通電極用表面電極 2 8 と共通電極 2 4 とは電氣的に接続される。

【 0 0 7 7 】

次に、流路部材 4 を、圧延法等により得られたプレート 4 a ~ 1 を、接着層を介して積層して作製するプレート 4 a ~ 1 に、マニホール 5、個別供給流路 1 4、加圧室 1 0 およびディセンダなどとなる孔を、エッチングにより所定の形状に加工する。これらプレート 4 a ~ 1 は、F e - C r 系、F e - N i 系、W C - T i C 系の群から選ばれる少なくとも 1 種の金属によって形成されていることが望ましく、特に液体としてインクを使用する場合には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されたため、F e - C r 系がより好ましい。

【 0 0 7 8 】

圧電アクチュエータ基板 2 1 と流路部材 4 とは、例えば熱硬化性の接着層を介して積層接着することができる。接着層としては、周知のものを使用することができるが、圧電アクチュエータ基板 2 1 や流路部材 4 への影響をおよぼさないために、熱硬化温度が 1 0 0 ~ 1 5 0 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基板 2 1 と流路部材 4 とを加熱接合することができる。

【 0 0 7 9 】

その後、個別電極 2 5 と共通電極 2 4 との間に電圧を加え、これらの間に挟まれている部位の圧電セラミック層 2 1 b を分極することで、液体吐出ヘッド 2 を得ることができる。

【 0 0 8 0 】

以上、液体吐出ヘッド 2 を用いて説明したが、他の圧電素子においても同様である。すなわち、圧電素子の圧電体が、平面方向に広がっていると同時に、該平面方向に圧縮応力が加わっている場合、圧電体がニオブ酸カリウムナトリウムであり、正方晶と斜方晶との間の相転移点が - 2 0 以下であれば、圧電特性の変動を小さくできる。このような圧電素子により、液体吐出ヘッド以外に用いられるアクチュエータ、例えばスピーカやブザー、センサ、電氣的な回路を構成するフィルタなどを構成することができる。

【 0 0 8 1 】

スピーカやブザーは、例えば、音を発する面となる振動板に金属などの高熱膨張の部材を用いて、圧電素子と振動板とを加熱接合して作成することで、圧電体に圧縮応力が加わった圧電部材とすることができる。センサやフィルタは、例えば、圧電体を機械的に保持する支持体に金属などの高熱膨張の部材を用いて、圧電素子と支持体とを加熱接合して作成することで、圧電体に圧縮応力が加わった圧電部材とすることができる。

【実施例】

【 0 0 8 2 】

評価用の圧電アクチュエータ基板 2 1 を作製し、評価を行なった。圧電セラミック層 2 1 a、2 1 b に用いる圧電材料は、組成式  $(1-x)\{(K_{1-a}Na_a)_{1-b}Li_b\}_c(Nb_{1-d-e}Ta_dSb_e)O_{2.5+c/2}+xB1(A1_1.A2)O_3$  の各パラメーターが表 1 の値となるように、 $K_2CO_3$ 、 $Na_2CO_3$ 、 $Li_2CO_3$ 、 $Nb_2O_5$ 、 $Ta_2O_5$ 、 $Sb_2O_3$ 、 $Bi_2O_3$ 、 $MgCO_3$ 、 $CaCO_3$ 、 $SrCO_3$ 、 $BaCO_3$ 、 $CuO$ 、 $TiO_2$ 、 $ZrO_2$ 、 $HfO_2$ 、 $GeO_2$ 、 $SnO_2$ 、C

10

20

30

40

50

e O<sub>2</sub> の各粉末を調合した。さらに、前記組成式 1 0 0 質量部に対して、焼結助剤として Mn O<sub>2</sub> あるいは Cr<sub>2</sub> O<sub>3</sub> の粉末を表 1 ~ 3 に記載の質量部加えたものを原料とした。

【 0 0 8 3 】

調合した原料は、水もしくはイソプロパノールとジルコニアボールとともにポットに入れて混合した。混合した原料は、一旦乾燥した後、9 0 0 で仮焼した。仮焼した原料は、水もしくはイソプロパノールとジルコニアボールとともにポットに入れて解砕した。この粉末を用いてスラリーを作成し、このスラリーから、成形方法としてロールコータ法を採用して、グリーンシートを作製した。

【 0 0 8 4 】

次いで、Ag - Pd 合金を含む導体ペーストを用いたスクリーン印刷法により、グリーンシートの表面に、共通電極 3 4 となる電極パターンを形成した。次いで、このグリーンシートに印刷をしていないグリーンシートを積層した後、1 0 5 0 の温度で焼成した。焼成後、Ag ペーストで個別電極 2 5 を印刷し、焼成することで圧電アクチュエータ基板 2 1 を作製した。

【 0 0 8 5 】

作製した圧電アクチュエータ基板 2 1 は、図 2 ~ 5 で示したものである。各試料について圧電アクチュエータ基板 2 1 は、2 つ準備し、1 つは支持体（流路部材 4）と接合せずに評価し、他の 1 つは、支持体と加熱接合した後に評価した。支持体としては SUS 4 3 0 を用い、加熱接合は、支持体と圧電アクチュエータ基板 2 1 との間にエポキシ系樹脂を塗布して 1 2 0 で行なった。表 1 ~ 3 には、支持体と接合していない圧電アクチュエータ基板 2 1 の圧電定数 d<sub>31</sub> の値と、斜方晶と正方晶との間の相転移点の温度を示した。ここで観察した斜方晶および正方晶は、ニオブ酸カリウムナトリウム組成物の結晶構造であり、X 線回折で、純粋なニオブ酸カリウムナトリウムから少しシフトした状態のものが観測される。

【 0 0 8 6 】

支持体と接合した圧電アクチュエータ基板 2 1 および支持体と接合していない圧電アクチュエータ基板 2 1 に対して、の温度サイクル試験を行なった。8 0 （3 0 分間） ~ - 2 0 （3 0 分間）の温度サイクル試験を 1 0 サイクル行なった後、圧電定数 d<sub>31</sub> を測定し、試験前から試験後への変化率を表 1 ~ 3 に示した。そして、接合の有無、すなわち圧電体に圧縮応力が加わっているかどうかによる変化率の差を表 1 ~ 3 に示した。また、図 6 は、相転移点と、温度サイクル試験による圧電定数 d<sub>31</sub> の低下率との関係を、接合の有無で分けて示したグラフである。

【 0 0 8 7 】

10

20

30

【 表 1 】

試料 No	調査組成													d31 相転移点 [°C]	温度サイクル後d31変化率				
	x	a	b	c	d	e	B1				β	MnO <sub>2</sub> [質量部]	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> [質量部]		d31 [pm/V]	相転移点 [°C]	支持体への接合		
							Bi	Ba	Sr	Ca							α	A1	A2
1	0.0025	0.690	0.020	1.000	0.10	0.06	1.00	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	69	-74	-2.3%	0.0%
2	0.0025	0.680	0.020	1.000	0.10	0.06	1.00	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	90	-45	-2.7%	-0.1%
3	0.0025	0.650	0.020	1.000	0.10	0.06	1.00	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	101	-28	-3.2%	0.0%
*	4	0.0025	0.640	0.020	1.000	0.10	0.06	1.00	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	109	3	-4.2%	-2.0%
*	5	0.0025	0.630	0.020	1.000	0.10	0.06	1.00	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	95	15	-4.5%	-2.0%
6	0.0025	0.630	0.040	1.000	0.10	0.06	1.00	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	76	-37	-1.9%	0.0%
7	0.0025	0.620	0.040	1.000	0.10	0.06	1.00	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	92	-29	-2.2%	0.0%
*	8	0.0025	0.600	0.040	1.000	0.10	0.06	1.00	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	98	-18	-3.5%	0.0%
*	9	0.0025	0.580	0.040	1.000	0.10	0.06	1.00	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	105	20	-5.6%	-5.0%
*	10	0.0025	0.570	0.040	1.000	0.10	0.06	1.00	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	93	45	-6.4%	-5.0%
11	0.0025	0.580	0.060	1.000	0.10	0.06	1.00	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	65	-64	-1.1%	0.0%
12	0.0025	0.570	0.060	1.000	0.10	0.06	1.00	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	74	-38	-2.9%	0.0%
13	0.0025	0.550	0.060	1.000	0.10	0.06	1.00	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	92	-25	-3.6%	0.0%
14	0.0025	0.540	0.060	1.000	0.10	0.06	1.00	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	97	-20	-3.4%	0.0%
*	15	0.0025	0.520	0.060	1.000	0.10	0.06	1.00	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	115	2	-4.1%	-2.0%
*	16	0.0025	0.510	0.060	1.000	0.10	0.06	1.00	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	99	35	-6.1%	-5.0%
17	0.0025	0.520	0.080	1.000	0.10	0.06	1.00	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	71	-56	-2.3%	0.0%
18	0.0025	0.510	0.080	1.000	0.10	0.06	1.00	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	83	-33	-3.0%	0.0%
19	0.0025	0.490	0.080	1.000	0.10	0.06	1.00	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	96	-28	-3.2%	0.0%
*	20	0.0025	0.470	0.080	1.000	0.10	0.06	1.00	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	101	14	-5.4%	-1.9%
*	21	0.0025	0.460	0.080	1.000	0.10	0.06	1.00	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	95	25	-6.8%	-5.0%
22	0.0025	0.470	0.100	1.000	0.10	0.06	1.00	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	71	-45	-2.7%	0.0%
23	0.0025	0.460	0.100	1.000	0.10	0.06	1.00	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	80	-31	-3.1%	0.0%
*	24	0.0025	0.440	0.100	1.000	0.10	0.06	1.00	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	94	-3	-3.9%	-0.9%
*	25	0.0025	0.430	0.100	1.000	0.10	0.06	1.00	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	103	26	-5.8%	-5.0%
*	26	0.0025	0.560	0.050	1.010	0.10	0.06	1.00	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	81	55	-7.7%	-5.0%
*	27	0.0025	0.560	0.050	1.005	0.10	0.06	1.00	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	99	32	-7.0%	-5.1%
28	0.0025	0.560	0.050	0.995	0.10	0.06	1.00	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	112	-20	-3.4%	0.0%
29	0.0025	0.520	0.050	0.990	0.04	0.06	1.00	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	103	-41	-2.8%	0.1%
30	0.0025	0.540	0.050	0.980	0.06	0.06	1.00	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	100	-45	-2.7%	0.1%
31	0.0025	0.560	0.050	0.970	0.10	0.06	1.00	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	86	-56	-2.0%	0.0%
32	0.0010	0.560	0.050	0.990	0.10	0.06	1.00	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	71	-47	-1.9%	0.0%
33	0.0035	0.560	0.050	0.990	0.10	0.06	1.00	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	100	-36	-3.2%	0.0%
34	0.0050	0.560	0.050	0.990	0.10	0.06	1.00	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	105	-28	-3.5%	0.0%
35	0.0080	0.560	0.050	0.990	0.10	0.06	1.00	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	98	-21	-4.3%	0.0%
*	36	0.0100	0.560	0.050	0.990	0.10	0.06	1.00	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	93	5	-5.2%	-1.1%
*	37	0.0150	0.560	0.050	0.990	0.10	0.06	1.00	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	73	25	-6.8%	-5.0%
38	0.0025	0.520	0.050	0.990	0.04	0.06	1.00	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	92	-32	-2.1%	0.0%
39	0.0025	0.540	0.050	0.990	0.06	0.06	1.00	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	97	-38	-1.9%	0.0%
40	0.0025	0.560	0.050	0.990	0.10	0.06	1.00	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	90	-37	-2.9%	-0.1%

\*は本発明の範囲外の試料を表す。

【 0 0 8 8 】

【 冊 2 】

試料 No	調査組成											d31 移点 [°C]	温度サイクル後d31変化率 支持体への接合										
	x	a	b	c	d	e	B1				α		β	MnO2 [質量部]	Cr2O3 [質量部]	相転移点 [°C]	無	有	差				
41	0.0025	0.560	0.050	0.990	0.10	-	1.00	-	-	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	89	-35	-3.0%	-3.0%	0.0%	
42	0.0025	0.560	0.050	0.990	0.10	0.04	1.00	-	-	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	94	-34	-2.5%	-2.6%	-0.1%	
43	0.0025	0.560	0.050	0.990	0.10	0.08	1.00	-	-	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	101	-31	-2.6%	-2.6%	0.0%	
*	44	0.0025	0.560	0.050	0.990	0.10	0.12	1.00	-	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	100	0	-6.1%	-8.1%	-2.0%	
45	0.0025	0.560	0.050	0.990	0.10	0.06	1.00	-	-	-	-	Zn	Sn	1	1/2	-	-	123	-32	-4.5%	-4.4%	0.1%	
46	0.0025	0.560	0.050	0.990	0.10	0.06	1.00	-	-	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.10	-	114	-35	-4.3%	-4.3%	0.0%	
47	0.0025	0.560	0.050	0.990	0.10	0.06	1.00	-	-	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.50	-	91	-52	-1.5%	-1.5%	0.0%	
48	0.0025	0.560	0.050	0.990	0.10	0.06	1.00	-	-	-	-	Zn	Sn	1	1/2	-	0.20	115	-33	-3.0%	-3.1%	-0.1%	
49	0.0025	0.560	0.050	0.990	0.10	0.06	1.00	-	-	-	-	Zn	Sn	1	1/2	-	0.50	94	-43	-2.7%	-2.8%	-0.1%	
50	0.0025	0.560	0.050	0.990	0.10	0.06	1.00	-	-	-	-	Zn	Sn	1	1/2	-	1.00	91	-48	-2.5%	-2.5%	0.0%	
51	0.0025	0.560	0.050	0.990	0.10	0.06	1.00	-	-	-	-	Zn	Sn	2/3	1/2	0.25	-	101	-43	-1.7%	-1.7%	0.0%	
52	0.0025	0.520	0.050	0.990	0.04	0.06	1.00	-	-	-	-	Mg	Nb	1	1/3	0.25	-	98	-46	-2.3%	-2.3%	0.0%	
53	0.0025	0.520	0.050	0.990	0.04	0.06	1.00	-	-	-	-	Mg	Ti	1	1/2	0.25	-	95	-53	-2.0%	-2.0%	0.0%	
54	0.0025	0.520	0.050	0.990	0.04	0.06	1.00	-	-	-	-	Mg	Sn	1	1/2	0.25	-	99	-41	-2.2%	-2.2%	0.0%	
55	0.0025	0.520	0.050	0.990	0.04	0.06	1.00	-	-	-	-	Zn	Nb	1	1/3	0.25	-	105	-28	-3.1%	-3.1%	0.0%	
56	0.0025	0.520	0.050	0.990	0.04	0.06	1.00	-	-	-	-	Zn	Sb	1	1/3	0.25	-	102	-30	-3.8%	-3.8%	0.0%	
57	0.0025	0.520	0.050	0.990	0.04	0.06	1.00	-	-	-	-	Zn	Ti	1	1/2	0.25	-	100	-22	-4.1%	-4.1%	0.0%	
58	0.0025	0.520	0.050	0.990	0.04	0.06	1.00	-	-	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	108	-24	-4.2%	-4.2%	0.0%	
59	0.0025	0.520	0.050	0.990	0.04	0.06	1.00	-	-	-	-	Zn	Zr	1	1/2	0.25	-	110	-22	-3.6%	-3.7%	-0.1%	
60	0.0025	0.520	0.050	0.990	0.04	0.06	1.00	-	-	-	-	Zn	Hf	1	1/2	0.25	-	111	-23	-3.5%	-3.5%	0.0%	
61	0.0025	0.520	0.050	0.990	0.04	0.06	1.00	-	-	-	-	Zn	Ce	1	1/2	0.25	-	107	-26	-3.5%	-3.5%	0.0%	
62	0.0025	0.520	0.050	0.990	0.04	0.06	1.00	-	-	-	-	Zn	Ge	1	1/2	0.25	-	107	-25	-4.0%	-4.0%	0.0%	
63	0.0025	0.520	0.050	0.990	0.04	0.06	1.00	-	-	-	-	Cu	Nb	1	1/3	0.25	-	113	-21	-3.9%	-3.9%	0.0%	
64	0.0025	0.520	0.050	0.990	0.04	0.06	1.00	-	-	-	-	Cu	Ta	1	1/3	0.25	-	112	-22	-3.6%	-3.6%	0.0%	
65	0.0025	0.520	0.050	0.990	0.04	0.06	1.00	-	-	-	-	Cu	Sb	1	1/3	0.25	-	110	-23	-3.2%	-3.2%	0.0%	
66	0.0025	0.520	0.050	0.990	0.04	0.06	1.00	-	-	-	-	Cu	Sn	1	1/2	0.25	-	118	-20	-3.9%	-3.9%	0.0%	
67	0.0025	0.520	0.050	0.990	0.04	0.06	1.00	-	-	-	-	Cu	Ti	1	1/2	0.25	-	115	-21	-3.7%	-3.7%	0.0%	
68	-	0.560	0.050	0.990	0.10	0.06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.25	-	45	-83	-2.1%	-2.2%	-0.1%	
69	0.0005	0.560	0.050	0.990	0.10	0.06	1.00	-	-	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	61	-66	-2.3%	-2.2%	0.1%	
70	0.0008	0.560	0.050	0.990	0.10	0.06	1.00	-	-	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	68	-54	-2.1%	-2.2%	-0.1%	
71	0.0024	0.560	0.050	0.990	0.10	0.06	1.00	-	-	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	90	-38	-2.8%	-2.8%	0.0%	
72	0.0025	0.560	0.050	0.990	0.10	0.06	-	-	-	-	1.00	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	92	-60	-0.8%	-0.9%	-0.1%
73	0.0025	0.565	0.040	0.990	0.10	0.06	-	-	-	-	1.00	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	116	-43	-2.4%	-2.5%	-0.1%
74	0.0025	0.565	0.040	0.990	0.10	0.06	-	-	-	-	1.00	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	108	-41	-2.6%	-2.7%	-0.1%
75	0.0025	0.565	0.040	0.990	0.10	0.06	-	-	-	-	1.00	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	115	-45	-2.2%	-2.4%	-0.2%	
76	0.0025	0.565	0.040	0.990	0.10	0.06	0.25	0.75	-	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	110	-21	-4.6%	-4.5%	0.1%	
77	0.0025	0.565	0.040	0.990	0.10	0.06	0.25	-	0.75	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	104	-20	-4.8%	-4.9%	-0.1%	
78	0.0025	0.565	0.040	0.990	0.10	0.06	0.25	-	-	0.75	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	110	-23	-4.5%	-4.4%	0.1%		
* 79	0.0025	0.565	0.040	0.990	0.10	0.06	0.50	0.50	-	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	105	5	-7.2%	-5.0%	2.2%	
* 80	0.0025	0.565	0.040	0.990	0.10	0.06	0.50	-	0.50	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	101	8	-7.5%	-5.1%	2.4%	
* 81	0.0025	0.565	0.040	0.990	0.10	0.06	0.50	-	-	0.50	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	104	7	-7.4%	-5.1%	2.3%		
82	0.0025	0.565	0.040	0.990	0.10	0.06	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	108	-21	-4.6%	-4.5%	0.1%	

\*は本発明の範囲外の試料を表す。

【 0 0 8 9 】

【 表 3 】

試料 No	調査組成													相転 移点 [°C]	温度サイクル後d31変化率						
	x	a	b	c	d	e	B1				α	β	MnO2 [質量部]		Cr2O3 [質量部]	d31 [pm/V]	無	有	差		
							Bi	Ba	Sr	Ca										A1	A2
83	0.0025	0.565	0.040	0.995	0.10	0.06	1.00	-	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	103	-10	-4.2%	-5.7%	-1.5%
84	0.0025	0.565	0.040	0.995	0.10	0.06	-	1.00	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	116	-33	-3.1%	-3.2%	-0.1%
85	0.0025	0.565	0.040	0.995	0.10	0.06	-	-	1.00	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	108	-30	-3.2%	-3.2%	0.0%
86	0.0025	0.565	0.040	0.995	0.10	0.06	-	-	-	1.00	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	115	-33	-3.1%	-3.2%	0.0%
87	0.0025	0.565	0.040	0.995	0.10	0.06	0.25	0.75	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	113	-27	-3.3%	-3.3%	0.0%
88	0.0025	0.565	0.040	0.995	0.10	0.06	0.25	-	0.75	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	107	-25	-3.5%	-3.6%	-0.1%
89	0.0025	0.565	0.040	0.995	0.10	0.06	0.25	-	-	0.75	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	112	-27	-3.3%	-3.4%	-0.1%
90	0.0025	0.565	0.040	0.995	0.10	0.06	0.50	0.50	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	110	-22	-3.6%	-3.7%	-0.1%
91	0.0025	0.565	0.040	0.995	0.10	0.06	0.50	-	0.50	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	106	-20	-3.7%	-3.7%	0.0%
92	0.0025	0.565	0.040	0.995	0.10	0.06	0.50	-	-	0.50	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	109	-22	-3.6%	-3.7%	-0.1%
93	0.0025	0.565	0.040	0.995	0.10	0.06	0.75	0.25	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	106	-16	-3.9%	-5.1%	-1.2%
94	0.0025	0.565	0.040	0.995	0.10	0.06	0.75	-	0.25	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	104	-15	-4.0%	-5.2%	-1.2%
95	0.0025	0.565	0.040	0.995	0.10	0.06	0.75	-	-	0.25	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	106	-16	-3.9%	-5.1%	-1.2%
96	0.0025	0.565	0.040	0.995	0.10	0.06	0.25	0.25	0.25	0.25	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	111	-38	-2.8%	-2.9%	-0.1%
97	0.0025	0.565	0.040	0.990	0.10	0.06	1.00	-	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	101	-21	-3.2%	-3.4%	-0.2%
98	0.0025	0.565	0.040	0.990	0.10	0.06	-	1.00	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	114	-43	-2.4%	-2.6%	-0.2%
99	0.0025	0.565	0.040	0.990	0.10	0.06	-	-	1.00	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	105	-41	-2.6%	-2.7%	-0.1%
100	0.0025	0.565	0.040	0.990	0.10	0.06	-	-	-	1.00	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	113	-45	-2.2%	-2.5%	-0.3%
101	0.0025	0.565	0.040	0.990	0.10	0.06	1.00	-	-	-	Zn	Sn	1	1/2	-	0.50	105	-27	-3.0%	-3.1%	-0.1%
102	0.0025	0.565	0.040	0.990	0.10	0.06	-	1.00	-	-	Zn	Sn	1	1/2	-	0.50	117	-46	-2.2%	-2.3%	-0.1%
103	0.0025	0.565	0.040	0.990	0.10	0.06	-	-	1.00	-	Zn	Sn	1	1/2	-	0.50	110	-45	-2.4%	-2.5%	-0.1%
104	0.0025	0.565	0.040	0.990	0.10	0.06	-	-	-	1.00	Zn	Sn	1	1/2	-	0.50	116	-50	-2.0%	-2.1%	-0.1%
105	0.0025	0.565	0.040	0.990	0.10	0.06	0.25	0.75	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	111	-38	-2.8%	-3.0%	-0.2%
106	0.0025	0.565	0.040	0.990	0.10	0.06	0.25	-	0.75	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	104	-36	-2.9%	-3.1%	-0.2%
107	0.0025	0.565	0.040	0.990	0.10	0.06	0.25	-	-	0.75	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	110	-39	-2.8%	-2.8%	0.0%
108	0.0025	0.565	0.040	0.990	0.10	0.06	0.50	0.50	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	108	-32	-3.1%	-3.2%	-0.1%
109	0.0025	0.565	0.040	0.990	0.10	0.06	0.50	-	0.50	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	103	-31	-3.2%	-3.2%	0.0%
110	0.0025	0.565	0.040	0.990	0.10	0.06	0.50	-	-	0.50	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	107	-33	-3.1%	-3.2%	-0.1%
111	0.0025	0.565	0.040	0.990	0.10	0.06	0.75	0.25	-	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	104	-27	-3.4%	-3.5%	-0.1%
112	0.0025	0.565	0.040	0.990	0.10	0.06	0.75	-	0.25	-	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	102	-26	-3.4%	-3.5%	-0.1%
113	0.0025	0.565	0.040	0.990	0.10	0.06	0.75	-	-	0.25	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	104	-27	-3.4%	-3.5%	-0.1%
114	0.0025	0.565	0.040	0.990	0.10	0.06	0.25	0.25	0.25	0.25	Zn	Sn	1	1/2	0.25	-	108	-38	-2.8%	-2.8%	0.0%

\*は本発明の範囲外の試料を表す。

【 0 0 9 0 】

図6に示されているように、相転移点が - 20 より高い場合、接合による圧縮応力が加わっていない圧電アクチュエータ基板21に対して、接合により圧縮応力が加わっている圧電アクチュエータ基板21は、温度サイクル後の低下率が1%以上大きくなっており、圧縮応力が加わった状態では、圧電定数d31の変動が大きくなるのが分かる。これに対して、相転移点が - 20 以下の試料では、圧電定数d31の変動は、圧縮応力の差によってほとんど変わらず（測定誤差程度の±0.1%程度）、圧電定数d31の変動が小

10

20

30

40

50

さくなっていることが分かる。

【 0 0 9 1 】

また、上述の組成式において、 $0.0024 \times 0.008$ 、 $0.66 a + 3 \times b$   
 $0.74$ 、 $0.02 b$   $0.10$ 、 $0.980 c$   $1.000$ 、 $0.04 d$   $0$   
 $.10$ 、 $0 e$   $0.08$ 、 $2/3$   $1$ 、 $1/3$   $2/3$ の範囲内である試料は  
 、圧電定数  $d_{31}$  が  $90 \text{ pm/V}$  以上と高くなった。

【 0 0 9 2 】

また、一部の試料については、支持体として  $SUS304$  を用いて同様の試験を行ない  
 、その結果を表 4 に示した。 $SUS304$  と接合した場合も、相転移点が  $-20$  以下の  
 圧電アクチュエータ基板 21 では、圧電定数  $d_{31}$  の変動が小さくなっている

10

【 0 0 9 3 】

【表 4】

試料 No	d31 [pm/V]	相転 移点 [°C]	温度サイクル後d31変化率 支持体(SUS304)への接合		
			無	有	差
14	97	-20	-3.4%	-3.8%	-0.4%
* 15	115	2	-4.1%	-7.8%	-3.7%
23	80	-31	-3.1%	-3.3%	-0.2%
* 24	94	-3	-3.9%	-6.8%	-2.9%
28	112	-20	-3.4%	-3.6%	-0.2%
38	92	-32	-2.1%	-2.1%	0.0%
39	97	-38	-1.9%	-1.9%	0.0%
40	90	-37	-2.9%	-2.9%	0.0%
41	89	-35	-3.0%	-2.9%	0.1%
42	94	-34	-2.5%	-2.6%	-0.1%
43	101	-31	-2.6%	-2.7%	-0.1%
* 44	100	0	-6.1%	-8.1%	-2.0%
45	123	-32	-4.5%	-4.4%	0.1%
46	114	-35	-4.3%	-4.3%	0.0%
47	91	-52	-1.5%	-1.6%	-0.1%
48	115	-33	-3.0%	-3.0%	0.0%
49	94	-43	-2.7%	-2.8%	-0.1%
50	91	-48	-2.5%	-2.6%	-0.1%
51	101	-43	-1.7%	-1.8%	-0.1%
52	98	-46	-2.3%	-2.3%	0.0%
53	95	-53	-2.0%	-1.9%	0.1%
54	99	-41	-2.2%	-2.2%	0.0%
55	105	-28	-3.1%	-3.1%	0.0%
56	102	-30	-3.8%	-3.9%	-0.1%
57	100	-22	-4.1%	-4.1%	0.0%
58	108	-24	-4.2%	-4.2%	0.0%
59	110	-22	-3.6%	-3.6%	0.0%
60	111	-23	-3.5%	-3.5%	0.0%
61	107	-26	-3.5%	-3.4%	0.1%
62	107	-25	-4.0%	-4.0%	0.0%
63	113	-21	-3.9%	-4.0%	-0.1%
64	112	-22	-3.6%	-3.7%	-0.1%
65	110	-23	-3.2%	-3.1%	0.1%
66	118	-20	-3.9%	-3.9%	0.0%
67	115	-21	-3.7%	-3.7%	0.0%

20

30

40

\*は本発明の範囲外の試料を表す。

【 0 0 9 4 】

またさらに、一部の試料については、ニオブ酸カリウムナトリウム組成物が正方晶の状  
 態における結晶軸比と圧縮応力を測定し、その結果を表 5 に示した。

【 0 0 9 5 】

【表 5】

試料 No	結晶軸比 c/a	圧縮応力	
		SUS430 支持体	SUS304 支持体
		[MPa]	[MPa]
14	1.0115	30	80
* 15	1.0075	30	80
23	1.0135	30	80
* 24	1.0112	30	80
28	1.0106	30	80

\*は本発明の範囲外の試料を表す。

10

## 【符号の説明】

## 【 0 0 9 6 】

- 1・・・カラーインクジェットプリンタ
- 2・・・液体吐出ヘッド
- 2 a・・・ヘッド本体
- 4・・・流路部材（支持体）
- 4 a ~ 1・・・（流路部材の）プレート
- 4 - 1・・・吐出孔面
- 4 - 2・・・加圧室面
- 5・・・マニホールド
- 5 a・・・（マニホールドの）開口
- 5 b・・・副マニホールド
- 6・・・しぼり
- 8・・・吐出孔
- 9・・・吐出孔行
- 1 0・・・加圧室
- 1 1・・・加圧室行
- 1 2・・・個別流路
- 1 4・・・個別供給流路
- 1 5・・・隔壁
- 1 6・・・ダミー加圧室
- 2 1・・・圧電アクチュエータ基板
- 2 1 a・・・圧電セラミック層（振動板）
- 2 1 b・・・圧電セラミック層
- 2 4・・・共通電極
- 2 5・・・個別電極
- 2 5 a・・・個別電極本体
- 2 5 b・・・引出電極
- 2 6・・・接続電極
- 2 8・・・共通電極用表面電極
- 3 0・・・変位素子（圧電素子）
- 6 0・・・信号伝達部
- 7 0・・・ヘッド搭載フレーム
- 7 2・・・ヘッド群
- 8 0 a・・・給紙ローラ
- 8 0 b・・・回収ローラ
- 8 2 a・・・ガイドローラ
- 8 2 b・・・搬送ローラ
- 8 8・・・制御部
- P・・・印刷用紙

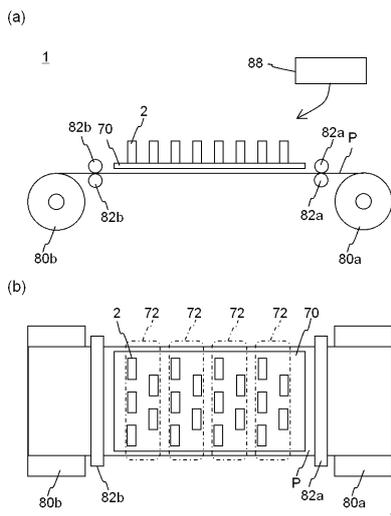
20

30

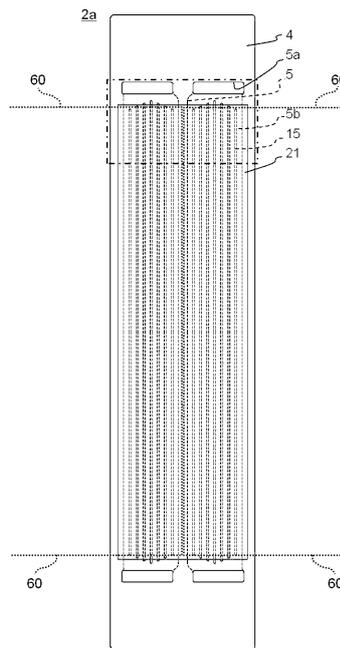
40

50

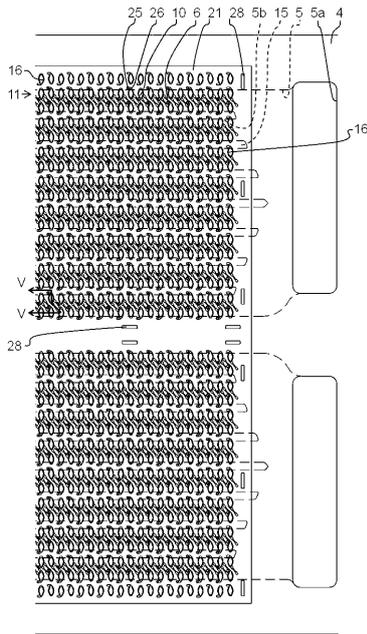
【図 1】



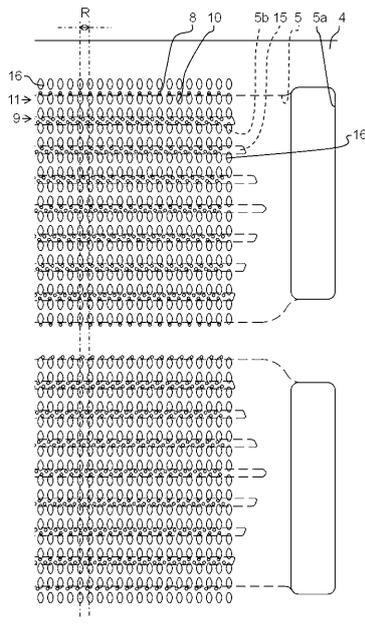
【図 2】



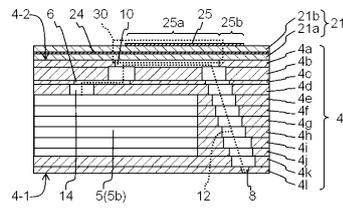
【図3】



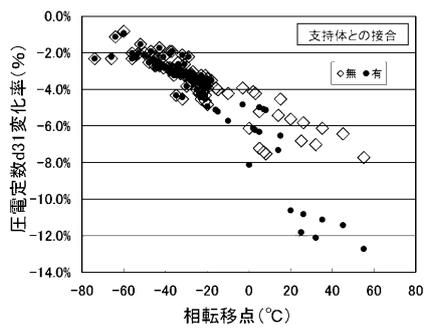
【図4】



【図5】



【図6】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
C 0 4 B 37/02 Z

審査官 小山 満

(56)参考文献 特開2010-225705(JP,A)  
特開2006-105964(JP,A)  
特開2009-155119(JP,A)  
特開2005-041053(JP,A)  
特開2012-059770(JP,A)  
特開2005-228865(JP,A)  
国際公開第2008/029574(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H 0 1 L 4 1 / 0 0 - 4 1 / 4 7  
B 4 1 J 2 / 1 4  
C 0 4 B 3 5 / 0 0  
C 0 4 B 3 7 / 0 2