

(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2008-173959

(P2008-173959A)

(43) 公開日 平成20年7月31日 (2008.7.31)

(51) Int.Cl.

**B 4 1 J 2/045 (2006.01)****B 4 1 J 2/055 (2006.01)**

F I

B 4 1 J 3/04 1 O 3 A

テーマコード (参考)

2 C 0 5 7

審査請求 未請求 請求項の数 24 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2007-282888 (P2007-282888)  
 (22) 出願日 平成19年10月31日 (2007.10.31)  
 (31) 優先権主張番号 特願2006-343901 (P2006-343901)  
 (32) 優先日 平成18年12月21日 (2006.12.21)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000002369  
 セイコーエプソン株式会社  
 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号  
 (74) 代理人 100095728  
 弁理士 上柳 雅誉  
 (74) 代理人 100107261  
 弁理士 須澤 修  
 (74) 代理人 100127661  
 弁理士 宮坂 一彦  
 (72) 発明者 加藤 治郎  
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内  
 Fターム (参考) 2C057 AF65 AG41 AG44 AG53 BA14

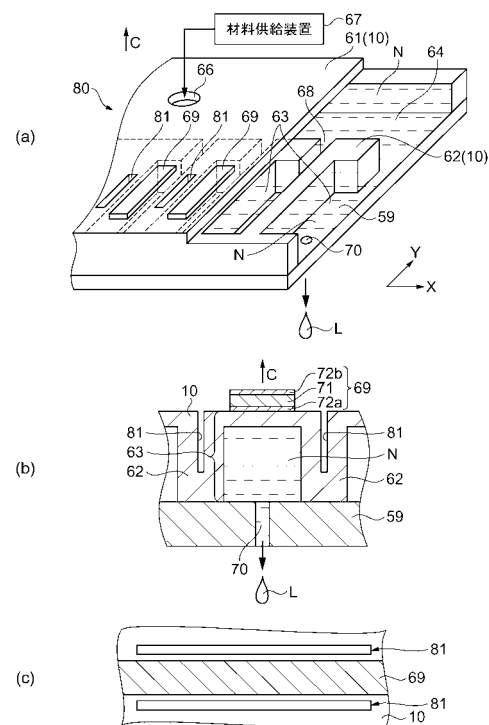
(54) 【発明の名称】 液滴吐出ヘッド、エネルギー変換素子、圧電デバイス、MEMS構造、カンチレバー型アクチュエータ、圧電センサー及び圧電リニアモータ

## (57) 【要約】

【課題】 インクジェットプリンタから出力される印刷物の高精細化や印刷の高速化を行うために、プリンタヘッドの実装密度を高める高密度化が進められている。高密度化に伴いプリンタヘッドの構成要素である液滴吐出ヘッドの微細化が求められている。微細化を行うと液滴吐出ヘッドに用いられる圧電薄膜に発生する液滴の吐出に対して無効応力となるせん断応力が大きくなり、液滴吐出ヘッドの寿命特性が低下するなどの課題がある。

【解決手段】 プリンタヘッド80の構成要素となる材料加圧体69の側面に溝81を配置する。溝81の存在により材料加圧体69の変形が容易となり、材料加圧体69に加わるせん断応力が低下し、プリンタヘッド80の寿命特性が向上する。またこの場合、せん断応力は引張/圧縮応力に振り分けられるため、従来の構造と比較して圧力室の体積の変動を大きくとることができる。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

基板と、  
前記基板の第 1 面側に位置するキャビティ部と、  
前記基板の第 2 面側に位置し、前記キャビティ部と対向する領域に配置される圧電薄膜と、  
前記基板の前記第 1 面側に位置し、貫通孔を有しかつ前記キャビティ部を覆うよう配置されるカバー部と、  
前記基板の前記第 2 面側に位置し、前記圧電薄膜の端部と沿う方向に配置される溝と、  
を含むことを特徴とする液滴吐出ヘッド。

10

## 【請求項 2】

前記溝は、前記圧電薄膜の前記溝寄り側の端部と、前記溝の前記圧電薄膜寄りの端部との距離を  $x$  (単位  $\mu\text{m}$ )、前記溝の深さを  $d$  (単位  $\mu\text{m}$ ) とした場合に、  
 $0.2d(-4.6x + 42.8) \leq x \leq 1 \dots$  (関係式 1)  
を満たすことを特徴とする請求項 1 に記載の液滴吐出ヘッド。

## 【請求項 3】

前記溝は、前記圧電薄膜の前記溝寄り側の端部と前記溝の前記圧電薄膜寄りの端部との距離を  $x$  (単位  $\mu\text{m}$ )、前記溝の深さを  $d$  (単位  $\mu\text{m}$ ) とした場合に、  
 $0.2d(-4.6x + 42.8) \leq x \leq 5 \dots$  (関係式 2)  
を満たすことを特徴とする請求項 1 に記載の液滴吐出ヘッド。

20

## 【請求項 4】

前記圧電薄膜の前記溝寄り側の端部と、前記溝の前記圧電薄膜寄りの端部との距離が  $1 \mu\text{m}$  以上であることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の液滴吐出ヘッド。

## 【請求項 5】

前記溝が形成され、かつ前記溝の深さが  $10 \mu\text{m}$  以下であることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の液滴吐出ヘッド。

## 【請求項 6】

前記溝中に前記基板と比べヤング率が小さい充填物質が配置されることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の液滴吐出ヘッド。

30

## 【請求項 7】

前記基板はシリコンを含むことを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の液滴吐出ヘッド。

## 【請求項 8】

前記充填物質はポラス酸化シリコンであることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載の液滴吐出ヘッド。

## 【請求項 9】

前記キャビティ部は、前記基板を貫通する貫通孔部と、  
前記基板の前記第 2 面側に位置し前記貫通孔部を覆う可動板と、  
を含むことを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか一項に記載の液滴吐出ヘッド。

40

## 【請求項 10】

前記キャビティ部は、前記基板の一部を可動板に用いていることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか一項に記載の液滴吐出ヘッド。

## 【請求項 11】

基板と、  
前記基板に形成されるキャビティ部と、  
前記基板の第 1 面側に配置され、前記キャビティ部内の液体を吐出するための吐出口を有するカバー材と、  
前記基板の第 2 面側に配置される可動板と、  
前記可動板に接し、圧電薄膜を第 1 の電極及び第 2 の電極で挟んでなる材料加圧体と、

50

前記基板の前記第 2 面側に設けられる溝又は凹部と、  
を含むことを特徴とする液滴吐出ヘッド。

【請求項 1 2】

基板と、  
前記基板の第 1 面側に配置される可撓部と、  
電力を前記可撓部の撓みに変換する、又は前記可撓部の撓みを電力に変換するエネルギー変換部と、  
前記エネルギー変換部の端部に沿って、前記基板の前記第 1 面側に設けられる、少なくとも溝又は凹部のいずれか一方と、  
を含むことを特徴とするエネルギー変換素子。

10

【請求項 1 3】

請求項 1 2 に記載のエネルギー変換素子であって、前記溝又は前記凹部は、前記エネルギー変換部の前記溝又は前記凹部寄り側の端部と、前記溝又は前記凹部の前記エネルギー変換部寄りの端部との距離を  $x$  (単位  $\mu\text{m}$ )、前記溝又は前記凹部の深さを  $d$  (単位  $\mu\text{m}$ ) とした場合に、

$$0.2d(-4.6x + 42.8) \leq 1 \cdots (\text{関係式 4})$$

を満たすことを特徴とするエネルギー変換素子。

【請求項 1 4】

請求項 1 2 に記載のエネルギー変換素子であって、前記溝又は前記凹部は、前記エネルギー変換部の前記溝又は前記凹部寄り側の端部と前記溝又は前記凹部の前記エネルギー変換部寄りの端部との距離を  $x$  (単位  $\mu\text{m}$ )、前記溝又は前記凹部の深さを  $d$  (単位  $\mu\text{m}$ ) とした場合に、

20

$$0.2d(-4.6x + 42.8) \leq 5 \cdots (\text{関係式 5})$$

を満たすことを特徴とするエネルギー変換素子。

【請求項 1 5】

請求項 1 2 乃至 1 4 のいずれか一項に記載のエネルギー変換素子であって、前記エネルギー変換部の前記溝又は前記凹部寄り側の端部と、前記溝又は前記凹部の前記エネルギー変換部寄りの端部との距離が  $1 \mu\text{m}$  以上であることを特徴とするエネルギー変換素子。

【請求項 1 6】

請求項 1 2 乃至 1 5 のいずれか一項に記載のエネルギー変換素子であって、前記溝又は前記凹部が形成され、かつ前記溝又は前記凹部の深さが  $10 \mu\text{m}$  以下であることを特徴とするエネルギー変換素子。

30

【請求項 1 7】

請求項 1 2 乃至 1 6 のいずれか一項に記載のエネルギー変換素子であって、前記溝又は前記凹部中に前記基板と比べヤング率が小さい充填物質が配置されることを特徴とするエネルギー変換素子。

【請求項 1 8】

請求項 1 2 乃至 1 7 のいずれか一項に記載のエネルギー変換素子であって、前記基板はシリコン基板であることを特徴とするエネルギー変換素子。

【請求項 1 9】

40

請求項 1 2 乃至 1 8 のいずれか一項に記載のエネルギー変換素子であって、前記充填物質はポラス酸化シリコンであることを特徴とするエネルギー変換素子。

【請求項 2 0】

基板と、  
前記基板の第 1 面側に配置された圧電薄膜と、  
前記圧電薄膜に接して成る第 1 の電極、及び第 2 の電極と、  
前記圧電薄膜の端部に沿って、前記基板の前記第 1 面側に設けられる溝又は凹部の少なくとも一方と、  
を含むことを特徴とする圧電デバイス。

【請求項 2 1】

50

基板と、  
前記基板に設けられた可動部と、  
前記可動部の端部に沿って、前記基板に設けられる溝又は凹部との少なくとも一方と、  
を含むことを特徴とするMEMS構造。

【請求項22】

請求項12乃至19のいずれか一項に記載のエネルギー変換素子、又は請求項20に記載の圧電デバイス、又は請求項21に記載のMEMS構造を用いたことを特徴とするカンチレバー型アクチュエータ。

【請求項23】

請求項12乃至19のいずれか一項に記載のエネルギー変換素子、又は請求項20に記載の圧電デバイス、又は請求項21に記載のMEMS構造を用いたことを特徴とする圧電センサー。

【請求項24】

請求項12乃至19のいずれか一項に記載のエネルギー変換素子、又は請求項20に記載の圧電デバイス、又は請求項21に記載のMEMS構造を用いたことを特徴とする圧電リニアモータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、液滴吐出ヘッド及びエネルギー変換素子、圧電デバイス、MEMS構造、カンチレバー型アクチュエータ、圧電センサー及び圧電リニアモータに関する。

【背景技術】

【0002】

インクジェットプリンタから出力される印刷物の高精細化や印刷の高速化を行うために、液滴吐出ヘッドの実装密度を高める高密度化が進められている。また、印刷以外の分野でも液滴吐出ヘッドの応用が検討され、液滴吐出ヘッドの高集積化が望まれている。液滴吐出ヘッドの集積度を向上するために、例えば特許文献1、特許文献2にあるように液滴吐出ヘッドの配置を工夫することで液滴吐出ヘッドの実装密度を高める技術が提案されている。また、特許文献3にあるように圧電薄膜の配向性や粒径を制御して圧電薄膜の微細化を進める技術が提案されている。

【0003】

また、近年実用化されてきているクーロン力を駆動用に用いたインクジェットヘッドや、圧電素子を用いた超音波モータなどの開発が進められてきている。また、電力を印加して駆動させる装置に限らず、応力に起因する撓みを電圧（電気抵抗が高いため、電流を取り出さず電圧で検知する）の形で出力する圧力センサーなども普及してきている。このように、撓みと電圧（電力）の相関関係を用い、撓みを入力エネルギーとし、電圧（電力）を出力エネルギーとして変換するエネルギー変換素子や、電圧（電力）を入力エネルギーとし、撓みを出力エネルギーとして変換するエネルギー変換素子が知られている。また、インクジェットヘッドに限定されることなく、例えば印加電圧（電力）に対応して変位量を制御し得る圧電デバイスや、可動部を持つMEMS構造なども認識されてきつつある。

【0004】

【特許文献1】特開2005-111982号公報

【特許文献2】特開平11-34360号公報

【特許文献3】特開2005-268549号公報

【非特許文献1】J. Appl. Phys. 93 4756 (2003)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記した特許文献1、特許文献2により提案された技術を用いる場合、複数の液滴吐出ヘッドを集積したプリンタヘッドは大型化し、重量が増加する。重量が増加するため、プ

10

20

30

40

50

リントヘッドを高速かつ高精度に移動させることが困難となり、印字速度や印字品質が低下するという課題が発生する。また、大型化したプリンタヘッドの生産コストは高額となり、価格面で不利になるという課題が発生する。

【0006】

また、上記した特許文献3により提案された技術を用いた場合、微細化に伴い非特許文献1に記述されているように、圧電薄膜端部に集中するせん断応力が大きくなり、液滴吐出ヘッドの寿命特性が低下するなどの課題が発生する。

【0007】

また、エネルギー変換素子や、圧電デバイス、可動部を持つMEMS構造についても同様に、エネルギー変換部端部や圧電デバイスの圧電薄膜端部、MEMS構造の可動部端部に集中するせん断応力が大きくなり、エネルギー変換素子や、圧電デバイス、可動部を持つMEMS構造の寿命特性が低下するなどの課題が発生する。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明では、「上」とは基板の第1面から、第2面と反対側に向かう方向を指すものと定義する。また、「上側」とは基板の第2面と反対側から基板の第1面に向かう方向と定義する。

本発明は、上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり以下の形態又は適用例として実現することが可能である。

【0009】

[適用例1] 本適用例に係る液滴吐出ヘッドは、基板と、前記基板の第1面側に位置するキャビティ部と、前記基板の第2面側に位置し、前記キャビティ部と対向する領域に配置される圧電薄膜と、前記基板の前記第1面側に位置し、貫通孔を有しかつ前記キャビティ部を覆うよう配置されるカバー部と、前記基板の前記第2面側に位置し、前記圧電薄膜の端部と沿う方向に配置される溝と、を含むことを特徴とする。

【0010】

これによれば、圧電薄膜に電圧（電力）をかけて圧縮／伸長させる場合に、前記圧電薄膜の端部と沿う方向に溝が設けられているため、圧電薄膜の圧縮／伸長に伴う応力、特にせん断応力がこの溝の変形により緩和されるため、寿命特性に優れたインクジェット（液滴吐出）ヘッドを提供することができる。

【0011】

[適用例2] 上記適用例に係る液滴吐出ヘッドにおいて、前記溝は、前記圧電薄膜の前記溝寄り側の端部と、前記溝の前記圧電薄膜寄りの端部との距離を $x$ （単位 $\mu\text{m}$ ）、前記溝の深さを $d$ （単位 $\mu\text{m}$ ）とした場合に、 $0.2d(-4.6x+42.8) \leq x \leq 1 \dots$ （関係式1）を満たすことを特徴とする。

【0012】

この関係式1は、物質に働くせん断応力はミクロンオーダーでは深さ方向に均一であり、加工深さと圧電性能が比例すると仮定して、実験により得られた数値を代入して得られる式である。この関係式1は、圧電性能（変位量／印加電圧（電力））が1%以上向上する条件を意味する。

【0013】

上記した適用例によれば、圧電薄膜に係るせん断応力の緩和効果が有意性を持った量として検知し得る液滴吐出ヘッドを提供することができる。

【0014】

[適用例3] 上記適用例に係る液滴吐出ヘッドにおいて、前記溝は、前記圧電薄膜の前記溝寄り側の端部と前記溝の前記圧電薄膜寄りの端部との距離を $x$ （単位 $\mu\text{m}$ ）、前記溝の深さを $d$ （単位 $\mu\text{m}$ ）とした場合に、 $0.2d(-4.6x+42.8) \leq x \leq 5 \dots$ （関係式2）を満たすことを特徴とする。

【0015】

この関係式2は、圧電性能（変位量／印加電圧（電力））が5%以上向上する条件を意

10

20

30

40

50

味する。上記した適用例によれば、圧電薄膜に係るせん断応力の緩和効果により、液滴吐出ヘッドの寿命特性を、有意性を持って改善しうる液滴吐出ヘッドを提供することができる。

【0016】

〔適用例4〕上記適用例に係る液滴吐出ヘッドにおいて、前記圧電薄膜の前記溝寄り側の端部と、前記溝の前記圧電薄膜寄りの端部との距離が1  $\mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする。

【0017】

上記した適用例によれば、圧電薄膜に対する影響を抑え、かつせん断応力の緩和が行われるので寿命特性に優れた液滴吐出ヘッドを提供することができる。

10

【0018】

〔適用例5〕上記適用例に係る液滴吐出ヘッドにおいて、前記溝が形成され、かつ前記溝の深さが10  $\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする。

【0019】

上記した適用例によれば、液滴吐出ヘッドの機械的強度が保たれる状態で、せん断応力の緩和を実現しうる溝を有する液滴吐出ヘッドを提供することができる。

【0020】

〔適用例6〕上記適用例に係る液滴吐出ヘッドにおいて、前記溝中に前記基板と比べヤング率が小さい充填物質が配置されることを特徴とする。

【0021】

上記した適用例によれば、溝の中は塞がれた状態となり、溝の幅より小さい粒子状の物質や気体の侵入が抑制される。また、ヤング率が低いため、圧電薄膜の動作を阻害しない。そのため機械的、化学的に変質しにくくなり、信頼性が高い液滴吐出ヘッドを提供することが可能となる。

20

【0022】

〔適用例7〕上記適用例に係る液滴吐出ヘッドにおいて、前記基板はシリコンを含むことを特徴とする。

【0023】

上記した適用例によれば、微細構造を得るための加工手段が研究されており、実績があるシリコンを含む基板を用いることで高い精度に加工されたインクジェットヘッドを提供することができる。

30

【0024】

〔適用例8〕上記適用例に係る液滴吐出ヘッドにおいて、前記充填物質はポーラス酸化シリコンであることを特徴とする。

【0025】

上記した適用例によれば、ポーラス酸化シリコンは高い信頼性と、低いヤング率を併せ持つ物質であるため、他の物質で充填する場合に、より信頼性が高い液滴吐出ヘッドを提供することが可能となる。

【0026】

〔適用例9〕上記適用例に係る液滴吐出ヘッドにおいて、前記キャビティ部は、前記基板を貫通する貫通孔部と、前記基板の前記第2面側に位置し前記貫通孔部を覆う可動板と、を含むことを特徴とする。

40

【0027】

上記した適用例によれば、可動板は基板と独立した材質を用いることができる。そのため、液滴吐出ヘッドの用途に応じ、好ましい材質を選択して可動板を構成することができる。

【0028】

〔適用例10〕上記適用例に係る液滴吐出ヘッドにおいて、前記キャビティ部は、前記基板の一部を可動板に用いていることを特徴とする。

【0029】

50

上記した適用例によれば、可動板として基板の一部を用いる。そのため、可動板と基板とを一体化して形成することができるため、継ぎ目のない信頼性に優れた可動板を得ることができる。

#### 【0030】

[適用例11] 本適用例に係る液滴吐出ヘッドは、基板と、前記基板に形成されるキャビティ部と、前記基板の第1面側に配置され、前記キャビティ部内の液体を吐出するための吐出口を有するカバー材と、前記基板の第2面側に配置される可動板と、前記可動板に接し、圧電薄膜を第1の電極及び第2の電極で挟んでなる材料加圧体と、前記基板の前記第2面側に設けられる溝又は凹部と、を含むことを特徴とする。

#### 【0031】

これによれば、圧電薄膜に電圧（電力）をかけて圧縮／伸長させる場合に、前記圧電薄膜の端部と沿う方向に溝又は凹部が設けられているため、圧電薄膜の圧縮／伸長に伴う応力、特にせん断応力がこの溝又は凹部の変形により緩和されるため、寿命特性に優れたインクジェット（液滴吐出）ヘッドを提供することができる。なお、凹部には一つずつ独立した形状や、凹部同士が接続する形状を与えても良い。

#### 【0032】

[適用例12] 本適用例に係るエネルギー変換素子は、基板と、前記基板の第1面側に配置される可撓部と、電力を前記可撓部の撓みに変換する、又は前記可撓部の撓みを電力に変換するエネルギー変換部と、前記エネルギー変換部の端部に沿って、前記基板の前記第1面側に設けられる、少なくとも溝又は凹部のいずれか一方と、を含むことを特徴とする。

#### 【0033】

これによれば、エネルギー変換部に電力を与えて圧縮／伸長させる場合に、このエネルギー変換部の端部と沿う方向に溝又は凹部が設けられているため、このエネルギー変換部の圧縮／伸長に伴う応力、特にせん断応力がこの溝又は凹部の変形により緩和されるため、寿命特性に優れたエネルギー変換素子を提供することができる。なお、凹部には一つずつ独立した形状や、凹部同士が接続する形状を与えても良い。

#### 【0034】

[適用例13] 上記適用例に係るエネルギー変換素子において、前記溝又は前記凹部は、前記エネルギー変換部の前記溝又は前記凹部寄り側の端部と、前記溝又は前記凹部の前記エネルギー変換部寄りの端部との距離を  $x$ （単位  $\mu\text{m}$ ）、前記溝又は前記凹部の深さを  $d$ （単位  $\mu\text{m}$ ）とした場合に、 $0.2d(-4.6x+42.8) \leq 1 \cdots$ （関係式4）を満たすことを特徴とする。

#### 【0035】

この関係式4は、物質に働くせん断応力はミクロンオーダーでは深さ方向に均一であり、加工深さと圧電性能が比例すると仮定して、実験により得られた数値を代入して得られる式である。この関係式4は、圧電性能（変位量／印加電圧（電力））が1%以上向上する条件を意味する。

上記した適用例によれば、エネルギー変換部に係るせん断応力の緩和効果が有意性を持った量として検知し得るエネルギー変換素子を提供することができる。

#### 【0036】

[適用例14] 上記適用例に係るエネルギー変換素子において、前記溝又は前記凹部は、前記エネルギー変換部の前記溝又は前記凹部寄り側の端部と、前記溝又は前記凹部の前記エネルギー変換部寄りの端部との距離を  $x$ （単位  $\mu\text{m}$ ）、前記溝又は前記凹部の深さを  $d$ （単位  $\mu\text{m}$ ）とした場合に、 $0.2d(-4.6x+42.8) \leq 5 \cdots$ （関係式5）を満たすことを特徴とする。

#### 【0037】

この関係式5は、圧電性能（変位量／印加電圧（電力））が5%以上向上する条件を意味する。

上記した適用例によれば、エネルギー変換部に係るせん断応力の緩和効果により、エネ

10

20

30

40

50

ルギー変換部の寿命特性を、有意性を持って改善しうるエネルギー変換素子を提供することができる。

【0038】

[適用例15] 上記適用例に係るエネルギー変換素子において、前記エネルギー変換部の前記溝又は前記凹部寄り側の端部と、前記溝又は前記凹部の前記エネルギー変換部寄りの端部との距離が1  $\mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする。

【0039】

上記した適用例によれば、エネルギー変換部に対する影響を抑え、かつせん断応力の緩和が行われるので寿命特性に優れたエネルギー変換素子を提供することができる。

【0040】

[適用例16] 上記適用例に係るエネルギー変換素子において、前記溝又は前記凹部が形成され、かつ前記溝又は前記凹部の深さが10  $\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする。

【0041】

上記した適用例によれば、エネルギー変換素子の機械的強度が保たれる状態で、せん断応力の緩和を実現しうる溝又は凹部を有するエネルギー変換素子を提供することができる。

【0042】

[適用例17] 上記適用例に係るエネルギー変換素子において、前記溝又は前記凹部に前記基板と比べヤング率が小さい充填物質が配置されることを特徴とする。

【0043】

上記した適用例によれば、溝又は凹部の中は塞がれた状態となり、溝又は凹部の幅より小さい粒子状の物質や気体の侵入が抑制される。また、ヤング率が低いため、エネルギー変換部の動作を阻害しない。そのため機械的、化学的に変質しにくくなり、信頼性が高いエネルギー変換素子を提供することが可能となる。

【0044】

[適用例18] 上記適用例に係るエネルギー変換素子において、前記基板はシリコン基板であることを特徴とする。

【0045】

上記した適用例によれば、微細構造を得るための加工手段が研究されており、実績があるシリコンを含む基板を用いることで高い精度に加工されたエネルギー変換素子を提供することができる。

【0046】

[適用例19] 上記適用例に係るエネルギー変換素子において、前記充填物質はポーラス酸化シリコンであることを特徴とする。

【0047】

上記した適用例によれば、ポーラス酸化シリコンは高い信頼性と、低いヤング率を併せ持つ物質であるため、他の物質で充填する場合に、より信頼性が高いエネルギー変換素子を提供することが可能となる。

【0048】

[適用例20] 本適用例に係る圧電デバイスは、基板と、前記基板の第1面側に配置された圧電薄膜と、前記圧電薄膜に接して成る第1の電極、及び第2の電極と、前記圧電薄膜の端部に沿って、前記基板の前記第1面側に設けられる溝又は凹部の少なくとも一方と、を含むことを特徴とする。

【0049】

これによれば、圧電薄膜に第1の電極、及び第2の電極から電圧(電力)をかけて圧電薄膜を圧縮/伸長させる場合に、この圧電薄膜の端部と沿う方向に溝又は凹部が設けられている。そのため、圧電薄膜の圧縮/伸長に伴う応力、特にせん断応力がこの溝又は凹部の変形により緩和されるため、寿命特性に優れた圧電デバイスを提供することができる。なお、凹部には一つずつ独立した形状や、凹部同士が接続する形状を与えても良い。

【0050】

10

20

30

40

50



〔適用例２１〕本適用例に係るＭＥＭＳ構造は、基板と、前記基板に設けられた可動部と、前記可動部の端部に沿って、前記基板に設けられる溝又は凹部の少なくとも一方と、を含むことを特徴とする。

【００５１】

これによれば、可動部を変形させる場合に、端部と沿う方向に溝又は凹部が設けられている。そのため、可動部の変形に伴う応力がこの溝又は凹部の変形により緩和される。従って、寿命特性に優れたＭＥＭＳ構造を提供することができる。なお、凹部には一つずつ独立した形状や、凹部同士が接続する形状を与えても良い。

【００５２】

〔適用例２２〕上記適用例に係るカンチレバー型アクチュエータは、上記エネルギー変換素子、圧電デバイス、又はＭＥＭＳ構造を用いたことを特徴とする。

10

【００５３】

これによれば、圧電薄膜にかかる応力が溝又は凹部の変形により開放されるため、応力損傷を抑えることが可能となり、長寿命化が可能となる。

〔適用例２３〕上記適用例に係る圧電センサーは、上記エネルギー変換素子、圧電デバイス、又はＭＥＭＳ構造を用いたことを特徴とする。

【００５４】

これによれば、溝又は凹部の変形により小さな応力で大きな歪みを圧電薄膜に与えることができるため、感度の高い圧電センサーを提供することが可能である。

【００５５】

20

〔適用例２４〕上記適用例に係る圧電リニアモータは、上記エネルギー変換素子、圧電デバイス、又はＭＥＭＳ構造を用いたことを特徴とする。

【００５６】

これによれば、圧電薄膜にかかる応力が溝又は凹部の変形により開放されるため、同一電圧（電力）では従来技術と比べ変形量を大きくとることが可能となり、動作速度の速い圧電リニアモータを提供することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００５７】

以下、液滴吐出ヘッドの構成について図面を用いて説明する。図１（ａ）は、液滴吐出ヘッドを集積したプリンタヘッドの斜視図、（ｂ）は、（ａ）に記載される液滴吐出ヘッドの吐出口近傍の断面図である。また、（ｃ）は、液滴吐出ヘッドを上側から見た部分平面図である。

30

【００５８】

図１（ａ）に示すように、仕切り部材６２と可動板６１とが形成される、シリコンを用いてなる基板１０のＣ側（第２面側）には、材料加圧体６９が配置されている。ここで、可動板６１は、基板１０の一部を用いる本構造に代えてその構成材として酸化シリコン、酸化ジルコニウム、酸化タンタル、窒化シリコン、酸化アルミニウムなどを用いても良い。また、材料加圧体６９は図１（ｂ）に示すように、基板１０のＣ側（第２面側）に、電極７２ａと、圧電薄膜７１と、電極７２ｂとを含む構成を有している。

【００５９】

40

可動板６１の材質を変える場合には、例えばスパッタ法やＣＶＤ法を用いて基板１０のＣ側に酸化シリコン、酸化ジルコニウム、酸化タンタル、窒化シリコン、酸化アルミニウムなどを含む薄膜を形成し、Ｃ側と対向する面側（第１面側）から当該薄膜を残して基板１０をエッチングすることで形成することができる。ここで、可動板６１の材質として酸化シリコンを用い、基板１０としてシリコンを用いる場合には、基板１０を熱酸化して酸化シリコンを形成すると緻密な酸化シリコンが得られるため可動板６１の材質として好適である。また、基板１０のキャピティ６３に対応する領域を貫通するようエッチングを行い、可動板６１を張り合わせてプリンタヘッド８０を形成しても良い。

【００６０】

基板１０のＣ側と対向する面には、吐出口７０を備えたカバー材５９が配置され、キャ

50

ピティ 63 を構成している。カバー材 59 は例えば接着剤や熱溶着フィルムを介して基板 10 と固着されている。

#### 【0061】

ここで液体 N には、シアン・マゼンタ・イエローなどのカラーインクが用いられる。プリンタヘッド 80 を用いて電極などを形成する場合には、カラーインクに代えて金属微粒子や金属イオン、金属錯体など金属成分を含む物質を用いた配線材料液、シリコン化合物を含む半導体材料液、絶縁体や圧電性物質を含む材料液などを用いることで対応することができる。また、吐出口 70 を通過できる範囲の微粒子を液体中に分散させた材料液を用いても良い。

#### 【0062】

圧電薄膜 71 と可動板 61 との間に挟まれる電極 72a は、圧電薄膜 71 と可動板 61 の両方に悪影響を及ぼさない金属を用いることが好ましく、Ir (イリジウム) / Pt (白金)、Pt / Ir、Ir / Pt / Ir などの積層構造や、Ir と Pt との合金を用いることが好ましい。また、圧電薄膜 71 を覆う電極 72b は、通常電極として用いることができる導電性材料であれば特に限定されるものではなく、例えば、Pt、RuO<sub>2</sub>、Ir、IrO<sub>2</sub> などの単層膜又は Pt / Ti、Pt / Ti / TiN、Pt / TiN / Pt、Ti / Pt / Ti、TiN / Pt / TiN、Pt / Ti / TiN / Ti、RuO<sub>2</sub> / TiN、IrO<sub>2</sub> / Ir、IrO<sub>2</sub> / TiN などの 2 層以上の積層膜であってもよい (なお、「/」を用いた多層構造のものは「上層 / (中層) / 下層」で示してある)。

#### 【0063】

材料加圧体 69 の電極 72a と電極 72b に電圧 (電力) を印加すると、材料加圧体 69 は面と平行な方向に縮み、可動板 61 はキャピティ 63 の体積を減ずる向きに凸となるよう変形する。この変形により前述したキャピティ 63 内に位置するカラーインクなどの液体 N は液滴 L として吐出口 70 から印刷対象に向けて吐出される。液滴 L の吐出後、電極 72a と電極 72b に印加されている電圧 (電力) の供給を止めると、材料加圧体 69 は元の形状に戻り、液体 N は材料供給装置 67 から材料供給孔 66 を通り、キャピティ 63 に供給され、液滴 L の吐出前の状態に戻る。

#### 【0064】

圧電薄膜 71 の材質としては、例えば、Pb : Ti : O (PT)、Pb : Zr : O (PZ)、Pb : (Zr : Ti) : O、Pb : (Mg : Nb) : O - Pb : Ti : O (PMN - PT)、Pb : Zn : Ti : Nb : O (PZTN (登録商標))、Pb : (Ni : Nb) : O - Pb : Ti : O (PNN - PT)、Pb : (In : Nb) : O - Pb : Ti : O (PIN - PT)、Pb : (Sc : Ta) : O - Pb : Ti : O (PST - PT)、Pb : (Sc : Nb) : O - Pb : Ti : O (PSN - PT)、Bi : Sc : O - Pb : Ti : O (BS - PT)、Bi : Yb : O - Pb : Ti : O (BY - PT)、Sr : Sm : Bi : Ta : O (SSBT)、Ba : Pb : O、Ba : Ti : O (BT)、Sr : Bi : Nb : Ta : O (SBNT)、Ba : Sr : Ti (BST)、Bi : Ti : O (BIT)、Bi : La : Ti : O (BLT)、Sr : Ba : Ti : Nb (SBTN) などの物質が挙げられる。これらの物質は全てセラミック系であり、脆性を有している。そのため、応力、特に液滴の吐出に関与しないせん断応力を低減することが圧電薄膜 71 の信頼性向上のために効果的である。本実施形態では電気機械変換効率が高いチタン酸ジルコン酸鉛を用いている。

#### 【0065】

従来技術では、溝 81 は配置されていない。そのため、応力、特にせん断応力の開放が不十分となり、応力起因の不良発生が懸念される。本実施形態では、溝 81 が形成されていることが大きな特徴となる。

#### 【0066】

ここで、材料加圧体 69 が縮み変形する場合には、材料加圧体 69 内に応力が働く。材料加圧体 69 の長手方向 (Y 方向) に対しては、材料加圧体 69 が変形することで応力、特にせん断応力が開放される。そして長手方向と直行する方向 (X 方向) に対してのせん

10

20

30

40

50

断応力を開放させるために、材料加圧体 6 9 の端部と沿う方向に溝 8 1 を配置している。ここで溝 8 1 内部は空隙の状態に代えて、ポラス酸化シリコンなど基板 1 0 に比べヤング率の低い材質を配置した状態にしても良い。

#### 【 0 0 6 7 】

次に、溝 8 1 を配置することで生じる、せん断応力の緩和量に対応する圧電性能の変化について説明する。圧電薄膜 7 1 を含む材料加圧体 6 9 の端部から  $3 \mu\text{m}$  離し、深さ  $5 \mu\text{m}$  の溝 8 1 を設けた場合、溝 8 1 を設けない場合（従来技術）と比べ、印加電圧（電力）に対する変形量である圧電性能は 2 9 % 向上する。また、溝 8 1 の位置を圧電薄膜の端部から  $8 \mu\text{m}$  離れた場合では圧電性能は 6 % 向上する。圧電薄膜 7 1 の圧電性能の向上は、圧電薄膜 7 1 の変形が効率的に行われていることを示し、圧電薄膜 7 1 の液滴吐出に寄与しない、例えばせん断応力などの無効応力の削減量と対応する。

10

#### 【 0 0 6 8 】

この実験結果をもとに、圧電薄膜 7 1 の溝 8 1 寄りの端部から溝 8 1 の圧電薄膜 7 1 寄りの端部までの距離を  $x$ （単位  $\mu\text{m}$ ）、溝 8 1 の深さを  $d$ （単位  $\mu\text{m}$ ）、とし、基板 1 0 に働くせん断応力はミクロンオーダーでは深さ方向に均一であり、加工深さと圧電性能が比例すると仮定して、実験により得られた数値を代入し、圧電性能の向上分を（%）とすると関係式 3 が得られる。

$$0.2d(-4.6x + 42.8) = \dots \text{（関係式 3）}$$

#### 【 0 0 6 9 】

圧電性能の向上分（%）が 1 % 程度となると、圧電性能の向上分を有意差を持って検出することが可能となる。また、圧電性能の向上により、同じ印加電圧（電力）に対して吐出量が向上することから、吐出動作を低電力化することができる。1 を関係式 3 に代入すると関係式 1 を得ることができる。

20

$$0.2d(-4.6x + 42.8) = 1 \dots \text{（関係式 1）}$$

#### 【 0 0 7 0 】

また、圧電性能の向上分が 5 % 程度となると、せん断応力の緩和量が大きくなり、寿命特性の向上に対して有意差を持って検出可能となり、より好ましい形態となる。5 を関係式 3 に代入すると（関係式 2）を得ることができる。

$$0.2d(-4.6x + 42.8) = 5 \dots \text{（関係式 2）}$$

#### 【 0 0 7 1 】

また、溝 8 1 と圧電薄膜 7 1 との位置関係は、例えばフォトリソグラフ工程とエッチング工程を組み合わせると溝 8 1 を形成する場合、溝 8 1 を圧電薄膜 7 1 とある程度離しておくことでフォトリソグラフ工程起因の不良の発生を抑えることができる。具体的には、圧電薄膜 7 1 の溝 8 1 寄り側の端部と溝 8 1 の圧電薄膜 7 1 寄りの端部との距離を  $1 \mu\text{m}$  以上に保つことで圧電薄膜 7 1 の製造及び動作を安定させることができる。

30

#### 【 0 0 7 2 】

また、溝 8 1 の深さは、圧電薄膜 7 1 から加えられる応力に対応する強度を有し、かつ容易に加工できる構造が望ましい。具体的には、溝 8 1 の深さは  $10 \mu\text{m}$  以下であることが望ましい。溝 8 1 の加工深さを横軸にとり、圧電薄膜 7 1 の溝 8 1 寄り側の端部と溝 8 1 の圧電薄膜 7 1 寄りの端部との加工距離を縦軸にとり、圧電性能の向上分をパラメータとして上記した条件を満たす範囲を図 2 に示す。

40

#### 【 0 0 7 3 】

このような溝 8 1 を配置することで、キャビティ 6 3 は弾性変形することが可能となる。キャビティ 6 3 が弾性変形することで材料加圧体 6 9 に用いられる圧電薄膜 7 1 にかかるせん断応力は緩和されるため、圧電薄膜 7 1 の寿命を延ばすことができ、信頼性の高い液滴吐出ヘッドを得ることが可能となる。また、キャビティ 6 3 の X 方向への弾性変形が可能となり、せん断応力は引張 / 圧縮応力に振り分けられる。そのため、従来の構造と比較して圧力室の体積の変動を大きくとることができる。そのため、一回の吐出で扱える液滴量の範囲を広げることができ、画質を落とすことなく印字を高速化することができる。

#### 【 0 0 7 4 】

50

また、溝 8 1 の断面形状として、本実施形態では矩形の溝 8 1 を形成したが、これはテーパ形状などせん断応力の緩和が可能な形状を用いても良い。

【 0 0 7 5 】

また、溝 8 1 の断面形状として C 面（角部分にテーパを設ける構造）や、角 R（角部分に円形状を設ける構造）を用いても良い。

また、溝 8 1 に代えて、凹部を用いても良い。この場合、凹部には一つずつ独立した形状や、凹部同士が接続する形状を与えても良い。さらには、一部に溝 8 1 を配置し、残部に凹部を配置するなど、両方式を混載しても良い。

また、本実施形態では基板 1 0 としてシリコン基板を用いたが、これは、別の材料を用いて形成しても良く、例えば Ni などを用いて電鍍法で形成したものを用いても良い。

10

【 0 0 7 6 】

（変形例：溝の構造例）

以下、上記した液滴吐出ヘッドの構成に含まれる溝の配置についての変形例について図面を用いて説明する。溝の配置としては図 1（c）に示すように、材料加圧体 6 9 よりも短く配置する構成に代えて、図 3（a）に示すように、溝 8 1 の長さを材料加圧体 6 9 の長さよりも大きくしても良い。この構造を用いることで、材料加圧体 6 9 にかかる応力は図 1（c）に示すように溝 8 1 を配置する構造と比べ、小さくすることができる。さらに、応力を効果的に基板 1 0 への変形に寄与させることができるため、エネルギー効率の高いプリンタヘッド 8 0 を提供することが可能となる。

【 0 0 7 7 】

20

また、図 3（b）に示すように、溝 8 1 を各々の材料加圧体 6 9 に一対ずつ配置しても良い。この場合、一つの材料加圧体 6 9 に対して、専用の溝 8 1 が備えられることとなり、隣接する材料加圧体 6 9 からの影響を効果的に排除することが可能となり、材料加圧体 6 9 を駆動する場合に生じるクロストークを効果的に抑制することができる。また、この場合でも図 3（b）に示すように溝 8 1 の長さを材料加圧体 6 9 の長さよりも大きくしても良く、この場合でも上記したように、応力を効果的に基板 1 0 への変形に寄与させることができる。また、溝 8 1 の長さを材料加圧体 6 9 の長さよりも小さくしても良く、この場合でも材料加圧体 6 9 を駆動する場合に生じるクロストークを抑制することができる。

【 0 0 7 8 】

また、図 3（c）に示すように、材料加圧体 6 9 の長辺側に加え、短辺側に溝 8 1 を形成しても良い。この場合、応力をさらに有効に緩和することが可能となる。また、電圧（電力）に対応する変形量を大きくすることが可能となるため、より長寿命で少ないエネルギーで駆動される。なお、短辺側の溝 8 1 と長辺側の溝 8 1 は、離れた位置に配置しても良い。

30

【 0 0 7 9 】

また、図 4（a）に示すように、溝 8 1 を各々の材料加圧体 6 9 に一対ずつ配置し、かつ短辺側に溝 8 1 を形成しても良い。この場合、材料加圧体 6 9 の短辺側での応力緩和に加え、隣接する材料加圧体 6 9 の変位に伴うクロストークを抑制することができる。この場合でも、短辺側の溝 8 1 と長辺側の溝 8 1 は離れた位置に配置しても良い。

【 0 0 8 0 】

40

また、図 4（b）に示すように、材料加圧体 6 9 を溝 8 1 で囲っても良い。この場合、応力緩和をさらに有効に行うことができる。なお、材料加圧体 6 9 への電圧（電力）印加は、ワイヤボンドなどの手段を用いることで可能となる。

【 0 0 8 1 】

また、図 4（c）に示すように、溝 8 1 を各々の材料加圧体 6 9 に一対ずつ配置し、かつ材料加圧体 6 9 を囲っても良い。この場合、上記した効果に加え、隣接する材料加圧体 6 9 からの影響を効果的に排除することが可能となる。

【 0 0 8 2 】

また、図 5（a）に示すように、図 4（b）の溝 8 1 の一部に溝 8 1 を設けない領域を配置しても良い。この場合、ワイヤボンドなどの方法を用いることなく電氣的な導通をと

50

ることができる。

【0083】

また、図5(b)に示すように、図4(c)の溝81の一部に溝81を設けない領域を配置しても良い。この場合、材料加圧体69の応力は緩和され、また隣接する材料加圧体69からのクロストークが抑えられる。さらにワイヤボンドなどの方法を用いることなく電氣的な導通をとることができる。これは、短辺側の溝81と長辺側の溝81を離れた位置に配置する形態を用いても良い。また、溝81を設けない領域は特に限定を受けることなく、任意の位置に配置することができる。

【0084】

また、上記した変形例では、溝81に代えて、凹部を用いても良い。ここで凹部とは基板の表面からくぼんだ部分のことをいう。この場合、凹部には一つずつ独立した形状や、凹部同士が接続する形状を与えても良い。さらには、一部に溝81を配置し、残部に凹部を配置するなど、両方式を混載しても良い。

また、形成する溝や凹部の位置や深さは上記実施例に限定されるものではない。例えば、図1(b)に示されるように基板10の厚みの半分以上の深さにすることにより、隣接したキャビティーへの液滴吐出動作の影響(クロストーク)を効率よく抑えることができる。

【0085】

(別の実施形態 - 1 : 圧電リニアモータ)

以下、本実施形態に係るエネルギー変換素子、そして圧電デバイスとしての圧電リニアモータについて図面を参照して説明する。図6(a)は圧電リニアモータ100の平面図、図6(b)は圧電リニアモータ100の断面図である。図7(a)に示す試料106は、保護層105を横切る方向に沿って搬送される。

【0086】

以下、図6(b)を用いて圧電リニアモータ100の構成について説明する。圧電リニアモータ100は、基板10a、溝81a、電極102、エネルギー変換部としての圧電薄膜71a、電極103、電極104、保護層105と、を含む。

基板10a上には、電極102、圧電薄膜71a、電極103、電極104、保護層105がこの順で配置されている。基板10aの材質としては、例えばシリコン基板を用いることができる。

【0087】

次に、図7(a)～図7(d)を用いて圧電リニアモータ100の動作原理について説明する。

まず、図7(a)に示すように、電極102と電極103の間、及び電極102と電極104の間に電圧(電力)を印加すると、圧電薄膜71aは上下方向に変形する。ここで、圧電薄膜71aが上方向に伸びる条件で電圧(電力)を印加すると、試料106はこの電圧を印加した圧電薄膜71aにおいては保護層105を介して持ち上げられ、電圧が印加されない他の圧電薄膜71a上の保護層105からは離れる。

次に、図7(b)に示すように、この状態で前記電圧が印加された電極103に、さらに高い電圧(電力)が印加されると、圧電薄膜71aは左右方向に変形する。ここで、前記電圧が印加された電極103に電圧(電力)を、圧電薄膜71aが右方向に変形する(撓む)条件で印加すると、試料106はもとの位置よりも右側に移動する。

次に、図7(c)に示すように、この状態で電極102と電極103の間、及び電極102と電極104の間に圧電薄膜71aが圧縮される条件で印加すると、この電圧を印加した圧電薄膜71a上の保護層105は試料106が右方向に搬送された状態で離れる。

次に、図7(d)に示すように、電極102、電極103、電極104への電圧(電力)印加を止めることで、試料106が右方向にずれたことを除いて初期状態に戻る。

この作業を繰り返し行うことで、試料106を搬送することが可能となる。なお、この場合、左右方向の変形量は電極102と電極103との間、電極102と電極104との間、及び電極103と電極104との間に印加される電圧(電力)に依存するので、電極

10

20

30

40

50

102と電極103との間に印加する印加電圧（電力）を上げることで試料106を速い速度で移動させることが可能となる。

【0088】

次に、溝81aの動作について説明する。電極102と電極103との間に電圧（電力）が印加されると、圧電薄膜71aは上下方向に変形する。この変形に対して、ポアソン比を乗じた変位が基板10aと平行な方向に発生し、この変位が基板10aで食い止められる場合、特に圧電薄膜71aと基板10aとの界面で応力疲労が発生し、圧電リニアモータ100の寿命特性を劣化させる。

このように、溝81aを配置して圧電薄膜71aにかかる応力を緩和させることで、圧電リニアモータ100の寿命特性を向上させることができる。また、横方向への変位が大きくとれるようになるため、圧電リニアモータ100の輸送量や輸送速度を上昇させることができる。

【0089】

また、溝81aのエネルギー変換部としての圧電薄膜71a寄り側の端部と、圧電薄膜71aの溝81a寄り側の端部との距離を $x$ （単位 $\mu\text{m}$ ）、溝81aの深さを $d$ （単位 $\mu\text{m}$ ）とした場合に、以下の式を満たす範囲の形状を有することが好ましい。

$$0.2d(-4.6x+42.8) \leq 1 \cdots (\text{関係式4})。$$

$$0.2d(-4.6x+42.8) \leq 5 \cdots (\text{関係式5})。$$

関係式4を満たす場合には、せん断応力を1%以上開放することができ、溝81aの存在により有意性を持った量として検知し得る圧電リニアモータ100を形成することができる。

関係式5を満たす場合には、せん断応力を5%以上開放することができ、溝81aの存在により長寿命、低消費電力で動作する圧電リニアモータ100を形成することができる。

【0090】

また、溝81aは、圧電薄膜71aと $1\mu\text{m}$ 以上離れていることが望ましく、また、溝81aの深さは $10\mu\text{m}$ 以下に抑えられていることが望ましい。この場合には圧電薄膜71aの信頼性を低下させることなく溝81aを配置することができる。

【0091】

また、溝81aには、ポーラス酸化シリコンなど、基板10aと比べヤング率が小さい物質で充填しても良い。この場合には、溝81aは塞がれた状態となり、溝81aの幅より小さい粒子状の物質や気体の侵入が抑制される。また、ヤング率が低いため、圧電薄膜71aの動作を阻害しない。そのため機械的、化学的に変質しにくくなり、圧電リニアモータ100の信頼性を向上させることができる。

【0092】

なお、溝81aに代えて、凹部を用いても良い。この場合、凹部には一つずつ独立した形状や、凹部同士が接続する形状を与えても良い。さらには、一部に溝81aを配置し、残部に凹部を配置するなど、両方式を混載しても良い。

【0093】

また、溝81aの配置として、圧電薄膜71aと、隣の圧電薄膜71aとの間に圧電薄膜71aよりも長いものを配置したが、これは、（変形例：溝の構造例）で説明したパターンと同様のパターンに転用して用いても良い。

【0094】

（別の実施形態 - 2：カンチレバー型アクチュエータ）

以下、本実施形態に係るエネルギー変換素子としてカンチレバー型アクチュエータについて図面を用いて説明する。図8(a)はカンチレバー型アクチュエータ110の下面図、図8(b)はカンチレバー型アクチュエータ110の側面図である。カンチレバー型アクチュエータ110は、探針111、アーム112、圧電薄膜71b、電極113、電極114、台座115、溝81bと、を含む。

【0095】

10

20

30

40

50

台座 1 1 5 に支えられるアーム 1 1 2 に設置された圧電薄膜 7 1 b に、電極 1 1 3 と電極 1 1 4 を経由して電圧（電力）を印加すると、アーム 1 1 2 が上下方向に移動し、探針 1 1 1 に微小変位を与えることができる。溝 8 1 b があることで、圧電薄膜 7 1 b に発生する応力は溝 8 1 b の変形により開放されるため、内部応力による劣化を抑制しうるカンチレバー型アクチュエータ 1 1 0 を提供することができる。なお、溝 8 1 b の配置や、溝 8 1 b の配置を定める条件などは、（変形例：溝の構造例）や、（別の実施形態 - 1：圧電リニアモータ）を転用して用いることが可能である。

なお、溝 8 1 b に代えて、凹部を用いても良い。この場合、凹部には一つずつ独立した形状や、凹部同士が接続する形状を与えても良い。さらには、一部に溝 8 1 b を配置し、残部に凹部を配置するなど、両方式を混載しても良い。

10

#### 【0096】

（別の実施形態 - 3：圧電センサー）

以下、本実施形態に係るエネルギー変換素子として圧電センサーについて説明する。圧電センサーは圧力として入力されたエネルギーを電力に変換するエネルギー変換素子である。

図 9（a）は圧電センサー 1 2 0 の平面図、図 9（b）は断面図である。図 9（a）に示す圧電センサー 1 2 0 は、基板 1 0 c、圧電薄膜 7 1 c、電極 1 2 1、電極 1 2 2、溝 8 1 c、絶縁膜 1 2 3 を含む。

#### 【0097】

次に、図 9（b）を用いて構造について説明する。基板 1 0 c 上には電極 1 2 1 が配置されている。そして、電極 1 2 1 上には絶縁膜 1 2 3 が配置されている。そして圧電薄膜 7 1 c の領域では絶縁膜 1 2 3 は配置されず、直接圧電薄膜 7 1 c と電極 1 2 1 が接触している。圧電薄膜 7 1 c の上には、電極 1 2 2 が配置されている。

20

#### 【0098】

この構造体に対して、圧電薄膜 7 1 c に応力が印加されると、圧電薄膜 7 1 c は応力による歪み量と相関を有する電圧（電力）を出力する。ここで、溝 8 1 c の存在により、圧電薄膜 7 1 c は溝 8 1 c が無い場合と比べ容易に変形することができる。そのため、感度の高い圧電センサー 1 2 0 を提供することができる。

#### 【0099】

ここで、溝 8 1 c の配置や、溝 8 1 c の配置を定める条件などは、（変形例：溝の構造例）や、（別の実施形態 - 1：圧電リニアモータ）を転用して用いることが可能である。

30

なお、溝 8 1 c に代えて、凹部を用いても良い。この場合、凹部には一つずつ独立した形状や、凹部同士が接続する形状を与えても良い。さらには、一部に溝 8 1 c を配置し、残部に凹部を配置するなど、両方式を混載しても良い。

また、本実施例においては溝 8 1 c に電極 1 2 1 が配置された構成であるが、電極 1 2 1 はヤング率が基板 1 0 c より小さい材質であることが望ましい。溝 8 1 c 中に何も配置しない形態であってもよい。

#### 【0100】

（別の実施形態 - 4：静電駆動インクジェットヘッド）

以下、本実施形態に係るエネルギー変換素子として、静電駆動インクジェットヘッドについて説明する。静電駆動インクジェットヘッドは、上記に説明した、例えば圧電薄膜 7 1 a（図 6（b）参照）のように圧電効果に代えて、電極間に電圧を印加し、その電極間に発生するクーロン力を用いて電圧（電力）を撓みに変換し、その結果インクを外部に吐出するものである。

40

#### 【0101】

図 10（a）は静電駆動インクジェットヘッド 2 0 0 の断面図である。そして図 10（b）は、静電駆動インクジェットヘッド 2 0 0 の T で示される領域の拡大図である。静電駆動インクジェットヘッド 2 0 0 は、第 1 の基板 2 0 1、第 2 の基板 2 0 2、第 3 の基板 2 0 3、ノズル孔 2 0 4、振動板 2 0 5、吐出室 2 0 6、オリフィス 2 0 7、インク溜め部 2 0 8、ギャップ部 2 1 6、電極 2 2 1、絶縁膜 2 2 4、インク供給口 2 3 1、インク

50

２５３、駆動回路２４０、インク液滴２５４、溝８１ｄと、を含む。

【０１０２】

第１の基板２０１はシリコン基板が用いられる。第１の基板２０１には振動板２０５が配置されている。そして、振動板２０５の下側（第２の基板２０２側）には絶縁膜２２４が配置され、振動板２０５と電極２２１とが接触した場合でも電氣的な短絡を防止している。振動板２０５を挟む領域には、溝８１ｄが形成され、振動板２０５にかかる応力を緩和している。振動板２０５はそのものが電極になっているか、あるいは振動板２０５には電極が含まれている。

【０１０３】

第１の基板２０１と第３の基板２０３に挟まれる領域には、インク２５３をインク液滴２５４として吐出するノズル孔２０４が配置されている。振動板２０５は変形し、インク２５３を吐出すべくインク２５３に圧力を印加する。なお、第３の基板２０３にはホウ珪酸ガラスを用いることができる。

10

オリフィス２０７は、吐出室２０６にインク溜め部２０８から吐出室２０６にインク２５３を供給する。インク溜め部２０８には、インク供給口２３１からインク２５３が供給される。

【０１０４】

第２の基板２０２には、第３の基板２０３と同様にホウ珪酸ガラスを用いることができる。そして、第２の基板２０２の上側（第１の基板２０１側）には、振動板２０５を変形させるべく電界を供給するための電極２２１が配置されている。

20

【０１０５】

第１の基板２０１と第２の基板２０２に挟まれる領域には、振動板２０５と電極２２１とで構成され、長さＧの寸法を有するギャップ部２１６が配置される。そして、駆動回路２４０から振動板２０５と電極２２１に電圧（電力）を印加することで振動板２０５を変形させ、吐出室２０６の体積を変化させ、インク液滴２５４の吐出動作の制御を行っている。

【０１０６】

インク液滴２５４の吐出の基本的なメカニズムは以下のように説明される。駆動回路２４０から電極２２１に適度な電圧（電力）を印加し、電極２２１の表面がプラスに帯電すると、対応する振動板２０５の下面はマイナス電位に帯電する。したがって、振動板２０５はクーロン力により下方（第２の基板２０２側）へ撓む。次に、電極２２１に印加する電圧（電力）をＯＦＦにすると、振動板２０５は振動板自体の弾性により復元する。そのため、吐出室２０６内の圧力が急激に上昇し、ノズル孔２０４よりインク液滴２５４を吐出する。そして次に、振動板２０５が再び下方へ撓むことにより、インク２５３がインク溜め部２０８よりオリフィス２０７を通じて吐出室２０６内に補給される。ここで、振動板２０５の近傍に溝８１ｄを設けることで、溝８１ｄの変形により振動板２０５の応力が開放されるため、吐出室２０６の体積変化量を大きくとることが可能となる。この特性は、静電駆動インクジェットヘッド２００を微細化する場合でも、吐出室２０６の体積変化量を維持することができる。

30

【０１０７】

また、振動板２０５の応力が開放されるため、振動板２０５に印加されるクーロン力に由来する応力が開放される。そのため、振動板２０５の劣化が抑えられ、信頼性の高い静電駆動インクジェットヘッド２００を提供することが可能となる。

40

【０１０８】

なお、溝８１ｄの配置や、溝８１ｄの配置を定める条件などは、（変形例：溝の構造例）や、（別の実施形態－１：圧電リニアモータ）を転用して用いることが可能である。

なお、溝８１ｄに代えて、凹部を用いても良い。この場合、凹部には一つずつ独立した形状や、凹部同士が接続する形状を与えても良い。さらには、一部に溝８１ｄを配置し、残部に凹部を配置するなど、両方式を混載しても良い。

【図面の簡単な説明】

50



## 【 0 1 0 9 】

【図 1】(a) は、液滴吐出ヘッドを集積したプリンタヘッドの斜視図、(b) は(a) に記載される液滴吐出ヘッドの吐出口近傍の断面図、(c) は、液滴吐出ヘッドの部分平面図。

【図 2】圧電性能の向上分をパラメータとして、溝の深さと、位置と、圧電性能の向上との関係を示すグラフ。

【図 3】(a) ~ (c) は溝の配置例を示す平面図。

【図 4】(a) ~ (c) は溝の配置例を示す平面図。

【図 5】(a)、(b) は溝の配置例を示す平面図。

【図 6】(a) は圧電リニアモータの平面図、(b) は圧電リニアモータの断面図。

10

【図 7】(a) ~ (d) は圧電リニアモータの動作原理を説明する断面図。

【図 8】(a) はカンチレバー型アクチュエータの下面図、(b) はカンチレバー型アクチュエータの側面図。

【図 9】(a) は圧電センサーの平面図、(b) は圧電センサーの断面図。

【図 10】(a) は静電駆動インクジェットヘッドの断面図、(b) は、静電駆動インクジェットヘッドの拡大図。

## 【符号の説明】

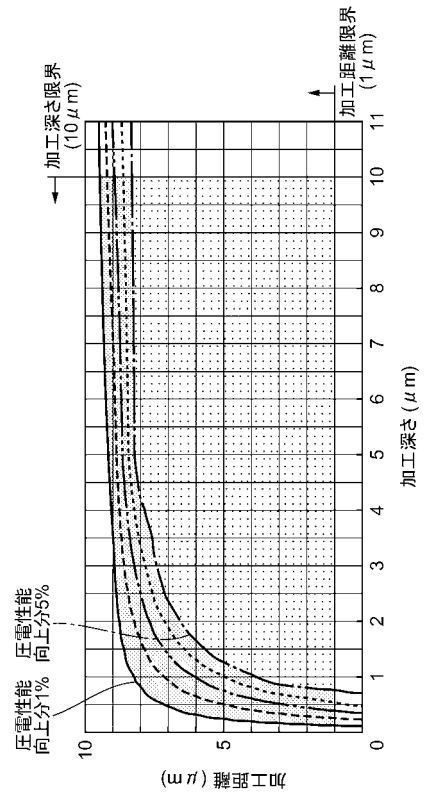
## 【 0 1 1 0 】

1 0 ... 基板、1 0 a ... 基板、1 0 c ... 基板、5 9 ... カバー材、6 1 ... 可動板、6 2 ... 仕切り部材、6 6 ... 材料供給孔、6 7 ... 材料供給装置、6 9 ... 材料加圧体、7 0 ... 吐出口、7 1 ... 圧電薄膜、7 1 a ... 圧電薄膜、7 1 b ... 圧電薄膜、7 1 c ... 圧電薄膜、7 2 a ... 電極、7 2 b ... 電極、8 0 ... プリンタヘッド、8 1 ... 溝、8 1 a ... 溝、8 1 b ... 溝、8 1 c ... 溝、8 1 d ... 溝、1 0 0 ... 圧電リニアモータ、1 0 2 ... 電極、1 0 3 ... 電極、1 0 4 ... 電極、1 0 5 ... 保護層、1 1 0 ... カンチレバー型アクチュエータ、1 1 1 ... 探針、1 1 2 ... アーム、1 1 3 ... 電極、1 1 4 ... 電極、1 1 5 ... 台座、1 2 0 ... 圧電センサー、1 2 1 ... 電極、1 2 2 ... 電極、1 2 3 ... 絶縁膜、2 0 0 ... 静電駆動インクジェットヘッド、2 0 1 ... 第 1 の基板、2 0 2 ... 第 2 の基板、2 0 3 ... 第 3 の基板、2 0 4 ... ノズル孔、2 0 5 ... 振動板、2 0 6 ... 吐出室、2 0 7 ... オリフィス、2 0 8 ... インク溜め部、2 1 6 ... ギャップ部、2 2 1 ... 電極、2 2 4 ... 絶縁膜、2 3 1 ... インク供給口、2 4 0 ... 駆動回路、2 5 3 ... インク、2 5 4 ... インク液滴。

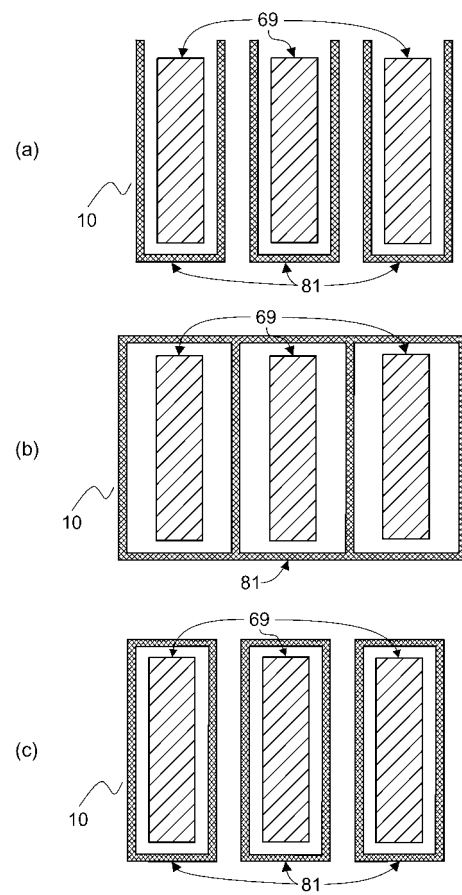
20

30

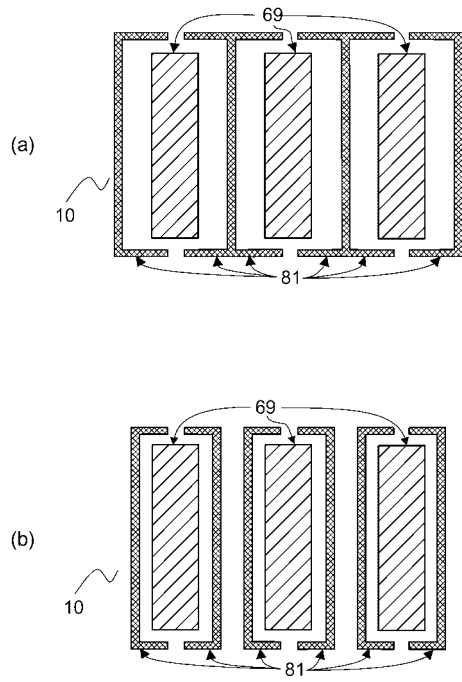
【 図 2 】



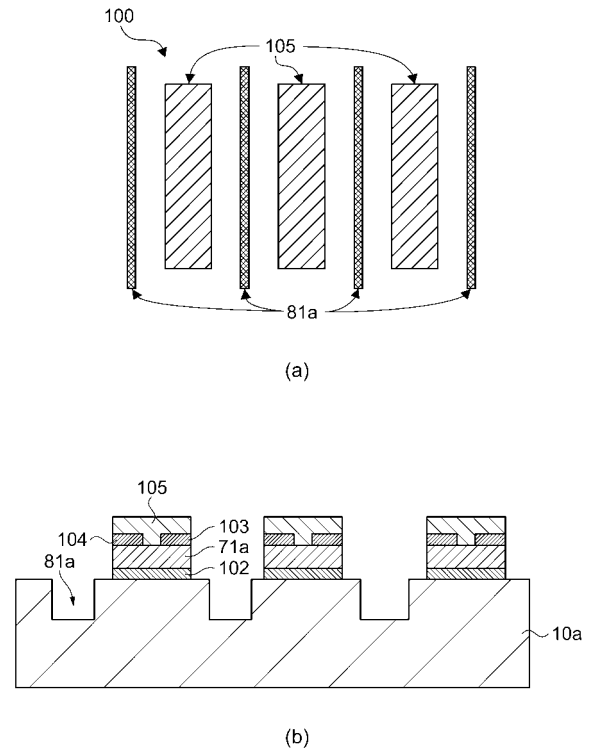
【 図 4 】



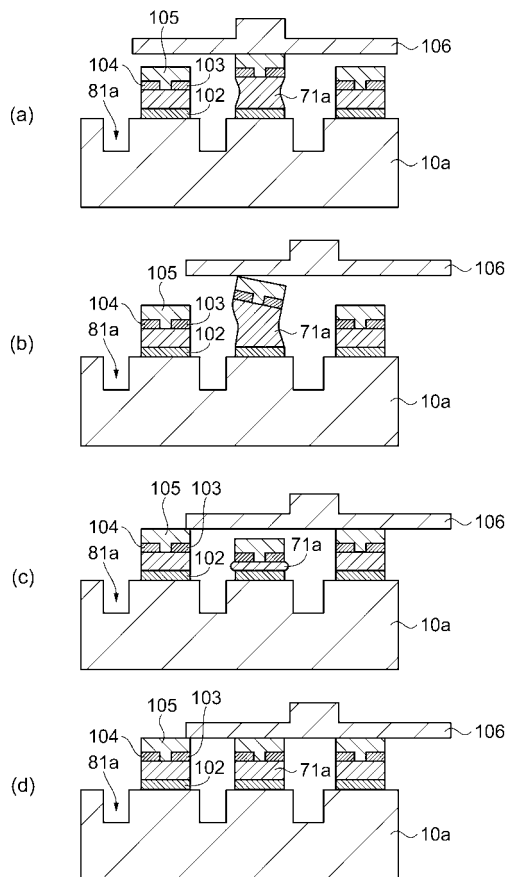
【 図 5 】



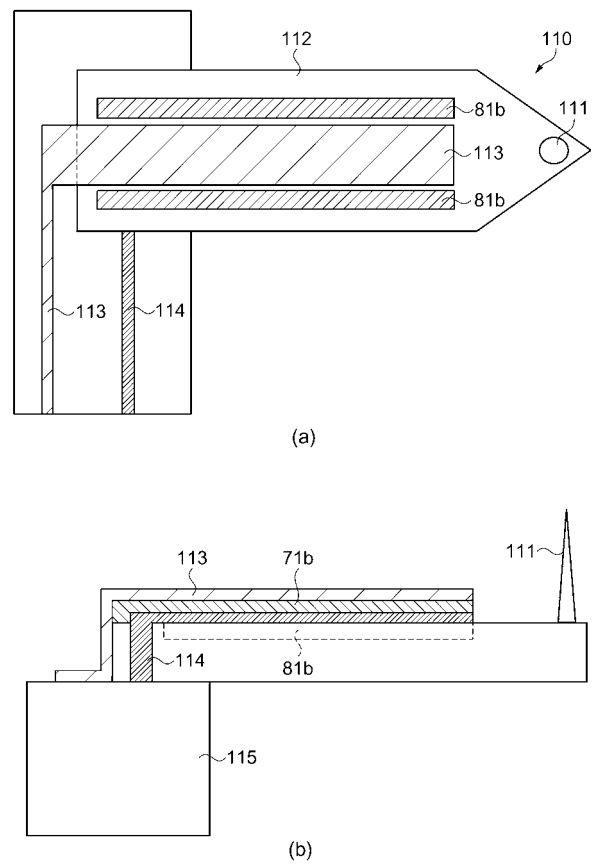
【 図 6 】



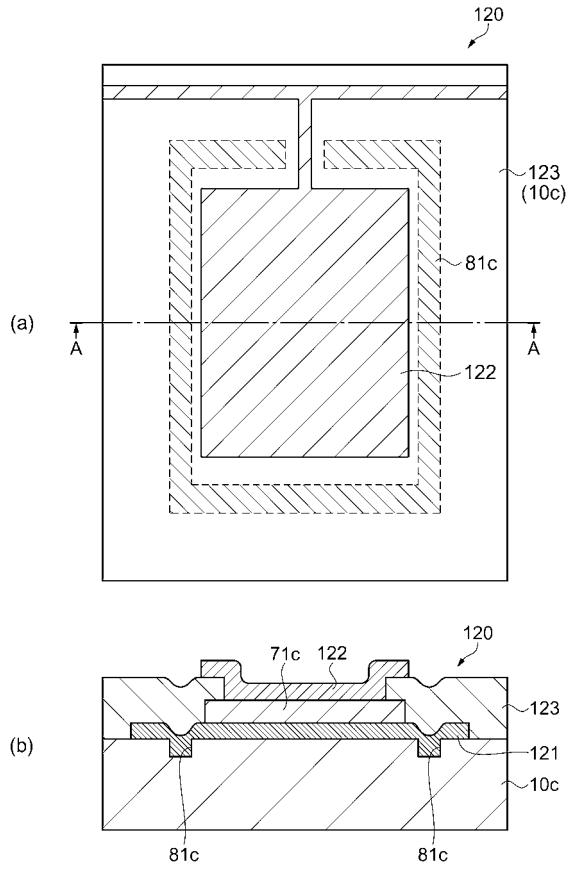
【 図 7 】



【 図 8 】



【図 9】



【図 10】

