

(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2014-184643

(P2014-184643A)

(43) 公開日 平成26年10月2日(2014.10.2)

| (51) Int.Cl.                   | F I                   | テーマコード (参考) |
|--------------------------------|-----------------------|-------------|
| <b>B 4 1 J 2/16 (2006.01)</b>  | B 4 1 J 3/04 1 O 3 H  | 2 C 0 5 7   |
| <b>H O 4 R 31/00 (2006.01)</b> | H O 4 R 31/00 3 3 O   | 5 D 0 1 9   |
| <b>H O 4 R 17/00 (2006.01)</b> | H O 4 R 17/00 3 3 2 A |             |
| <b>H O 2 N 2/00 (2006.01)</b>  | H O 2 N 2/00 B        |             |

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 19 頁)

|           |                            |          |                                |
|-----------|----------------------------|----------|--------------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2013-60904 (P2013-60904) | (71) 出願人 | 000002369                      |
| (22) 出願日  | 平成25年3月22日 (2013. 3. 22)   |          | 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 | 100101236                      |
|           |                            |          | 弁理士 栗原 浩之                      |
|           |                            | (74) 代理人 | 100128532                      |
|           |                            |          | 弁理士 村中 克年                      |
|           |                            | (72) 発明者 | 羽廣 英樹                          |
|           |                            |          | 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内  |
|           |                            | Fターム(参考) | 2C057 AF93 AG44 AP02 AP14 AP33 |
|           |                            |          | AP52 AP53 BA04                 |
|           |                            |          | 5D019 AA21 BB13 HH01           |

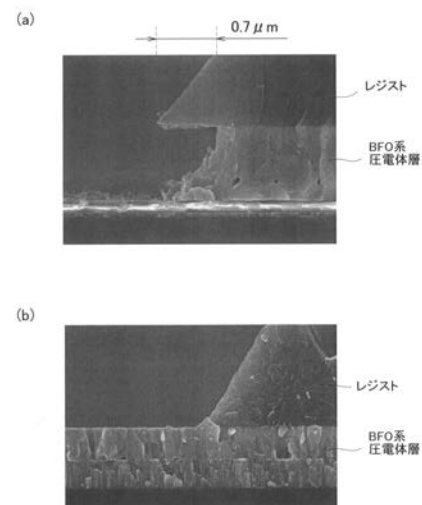
(54) 【発明の名称】 液体噴射ヘッドの製造方法、圧電素子の製造方法、圧電体膜のパターニング方法、及び超音波トランスデューサーの製造方法

## (57) 【要約】

【課題】簡易に圧電体層をエッチングすることができる液体噴射ヘッドの製造方法、圧電素子の製造方法、圧電体膜のパターニング方法、及び超音波トランスデューサーの製造方法を提供する。

【解決手段】液体噴射ヘッドの製造方法は、液体を吐出するノズル開口に連通する液体流路が設けられた流路形成基板と、流路形成基板に設けられて前記液体流路に圧力を付与する圧電素子とを備える液体噴射ヘッドの製造方法であって、圧電素子を構成する圧電体膜として鉛を含まないペロブスカイト型酸化物からなる圧電体膜を形成する工程と、圧電体膜にレジストを設けて塩酸及びフッ化水素酸のうちのいずれかを有するエッチング液によるウェットエッチングによりパターニングするパターニング工程とを含む。

【選択図】 図6



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

液体を吐出するノズル開口に連通する液体流路が設けられた流路形成基板と、該流路形成基板に設けられて前記液体流路に圧力を付与する圧電素子とを備える液体噴射ヘッドの製造方法であって、

前記圧電素子を構成する圧電体膜として鉛を含まないペロブスカイト型酸化物からなる圧電体膜を形成する工程と、

前記圧電体膜にレジストを設けて塩酸及びフッ化水素酸のうちのいずれかを有するエッチング液によるウェットエッチングによりパターニングするパターニング工程と、を含むことを特徴とする液体噴射ヘッドの製造方法。

10

## 【請求項 2】

前記パターニング工程が、前記塩酸及びフッ化水素酸のうちのいずれかを有するエッチング液によりウェットエッチングを行う第 1 工程と、塩酸又は硝酸を有すると共に、第 1 工程とは異なるエッチング液によりウェットエッチングを行う第 2 工程とを含むことを特徴とする請求項 1 記載の液体噴射ヘッドの製造方法。

## 【請求項 3】

前記第 1 工程を行った後に前記第 2 工程を行うことを特徴とする請求項 2 に記載の液体噴射ヘッドの製造方法。

## 【請求項 4】

前記第 1 工程におけるエッチング液が前記フッ化水素酸を含むエッチング液であり、該第 1 工程におけるウェットエッチング時間を調整して前記圧電素子のテーパー角度を制御することを特徴とする請求項 3 記載の液体噴射ヘッドの製造方法。

20

## 【請求項 5】

前記鉛を含まないペロブスカイト型酸化物は鉄酸ビスマスであることを特徴とする請求項 1～4 の何れか一項に記載の液体噴射ヘッドの製造方法。

## 【請求項 6】

前記レジストはノボレック系樹脂からなることを特徴とする請求項 1～5 の何れか一項に記載の液体噴射ヘッドの製造方法。

## 【請求項 7】

鉛を含まないペロブスカイト型酸化物からなる圧電体膜と、該圧電体膜の両面にそれぞれ設けられた第 1 電極及び第 2 電極とを備えた圧電素子の製造方法であって、前記圧電体膜を形成する工程と、前記圧電体膜にレジストを設けて塩酸及びフッ化水素酸のうちのいずれかを有するエッチング液によるウェットエッチングによりパターニングする工程とを含むことを特徴とする圧電素子の製造方法。

30

## 【請求項 8】

鉛を含まないペロブスカイト型酸化物からなる圧電体膜にレジストを設け、前記塩酸及びフッ化水素酸のうちのいずれかを有するエッチング液によるウェットエッチングによりパターニングすることを特徴とする圧電体膜のパターニング方法。

## 【請求項 9】

鉛を含まないペロブスカイト型酸化物からなる圧電体膜と、圧電体膜の両面にそれぞれ設けられた第 1 電極及び第 2 電極とを備えた超音波トランスデューサーの製造方法であって、前記圧電体膜を形成する工程と、前記圧電体膜にレジストを設けて塩酸及びフッ化水素酸のうちのいずれかを有するエッチング液によるウェットエッチングによりパターニングする工程とを含むことを特徴とする超音波トランスデューサーの製造方法。

40

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、液体噴射ヘッドの製造方法、圧電素子の製造方法、圧電体膜のパターニング方法、及び超音波トランスデューサーの製造方法に関する。

## 【背景技術】

50

## 【0002】

従来、圧電素子を変形させて圧力発生室内の液体に圧力変動を生じさせることで、圧力発生室に連通するノズルから液滴を噴射する液体噴射ヘッドが知られている。その代表例としては、液滴としてインク滴を噴射するインクジェット式記録ヘッドがある。

## 【0003】

インクジェット式記録ヘッドは、例えば、ノズル開口に連通する圧力発生室が設けられた流路形成基板の一方面側に圧電素子を備え、この圧電素子の駆動によって振動板を変形させて圧力発生室に圧力変化を生じさせることで、ノズルからインク滴を噴射させる。

## 【0004】

このような圧電素子は、振動板上に設けられた第1電極、圧電体層及び第2電極で構成されている。圧電素子を形成する場合、第2電極上に所定の厚さとなるように圧電体膜を積層し、これをドライエッチングにより所定の形状となるように除去して圧電体層を形成することが知られている（例えば、特許文献1参照）。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0005】

【特許文献1】特開2008-053395号公報（図6、段落0056等）

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0006】

上記のように圧電体膜をドライエッチングにより除去する場合、エッチングに時間が掛かり、圧電素子の製造時間がかかってしまうという問題がある。

## 【0007】

特に、近年、作業者の安全や環境配慮のために鉛を含まないペロブスカイト型酸化物からなる圧電体膜を形成することが求められているが、このような鉛を含まないペロブスカイト型酸化物の場合、ドライエッチングには特にエッチングに時間が掛かってしまう。その結果、圧電素子の製造時間がかかってしまい、スループットの向上が難しいという問題がある。

## 【0008】

また、ドライエッチングにより圧電体膜を除去する場合、オーバーエッチングにより下地層がダメージを受けてしまうことや、ドライエッチングの面内分布が装置に依存してしまい、均一にすることが難しいという問題もあった。

## 【0009】

なお、このような問題はインクジェット式記録ヘッドだけではなく、インク以外の液体を噴射する液体噴射ヘッドや、圧電体膜やこれを用いた圧電素子及びこれを用いた超音波トランスデューサーの製造方法においても同様に存在する。

## 【0010】

本発明はこのような事情に鑑み、簡易に鉛を含まないペロブスカイト型酸化物からなる圧電体層をエッチングすることができる液体噴射ヘッドの製造方法、圧電素子の製造方法、圧電体膜のパターニング方法及び超音波トランスデューサーの製造方法を提供することを課題とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0011】

本発明の液体噴射ヘッドの製造方法は、液体を吐出するノズル開口に連通する液体流路が設けられた流路形成基板と、該流路形成基板に設けられて前記液体流路に圧力を付与する圧電素子とを備える液体噴射ヘッドの製造方法であって、前記圧電素子を構成する圧電体膜として鉛を含まないペロブスカイト型酸化物からなる圧電体膜を形成する工程と、前記圧電体膜にレジストを設けて塩酸及びフッ化水素酸のうちのいずれかを有するエッチング液によるウェットエッチングによりパターニングするパターニング工程とを含むことを特徴とする。本発明では、塩酸及びフッ化水素酸のうちのいずれかを有するエッチング液

10

20

30

40

50

を用いることで、簡易に鉛を含まないペロブスカイト型酸化物からなる圧電体層をウェットエッチングによりパターニングすることが可能である。

【0012】

前記パターニング工程が、前記塩酸及びフッ化水素酸のうちのいずれかを有するエッチング液によりウェットエッチングを行う第1工程と、塩酸又は硝酸を有すると共に、第1工程とは異なるエッチング液によりウェットエッチングを行う第2工程とを含むことが好ましい。このような2工程で行うことで、ウェットエッチングによる反応生成物があったとしても除去できるので、ウェットエッチングにより簡易に鉛を含まないペロブスカイト型酸化物からなる圧電体層をパターニングすることができる。

【0013】

本発明の好ましい実施形態としては、前記第1工程を行った後に前記第2工程を行うことが挙げられる。

【0014】

前記第1工程におけるエッチング液が前記フッ化水素酸を含むエッチング液であり、該第1工程におけるウェットエッチング時間を調整して前記圧電素子のテーパー角度を制御することが好ましい。前記第1工程におけるエッチング液が前記フッ化水素酸を含むエッチング液であると、該第1工程におけるウェットエッチング時間を調整して前記圧電素子のテーパー角度を制御することができる。そして、該第1工程におけるウェットエッチング時間を調整して前記圧電素子のテーパー角度を制御することで、第2電極が共通電極である場合には端部の勾配が緩やかであることが好ましく、また、より高密度に圧電素子を配置する場合には端部の勾配はきつい方が好ましいので、所望の特性に応じて変更できる。

【0015】

本発明の好ましい実施形態としては、前記鉛を含まないペロブスカイト型酸化物は鉄酸ビスマスであることが挙げられる。

【0016】

また、本発明の好ましい実施形態としては、前記レジストはノボレック系樹脂からなることが挙げられる。

【0017】

本発明の圧電素子の製造方法は、鉛を含まないペロブスカイト型酸化物からなる圧電体膜と、該圧電体膜の両面にそれぞれ設けられた第1電極及び第2電極とを備えた圧電素子の製造方法であって、前記圧電体膜を形成する工程と、前記圧電体膜にレジストを設けて塩酸及びフッ化水素酸のうちのいずれかを有するエッチング液によるウェットエッチングによりパターニングする工程とを含むことを特徴とする。塩酸及びフッ化水素酸のうちのいずれかを有するエッチング液を用いることで、簡易に鉛を含まないペロブスカイト型酸化物からなる圧電体層をウェットエッチングによりパターニングすることが可能である。

【0018】

本発明の圧電体膜のパターニング方法は、鉛を含まないペロブスカイト型酸化物からなる圧電体膜にレジストを設け、前記塩酸及びフッ化水素酸のうちのいずれかを有するエッチング液によるウェットエッチングによりパターニングすることを特徴とする。塩酸及びフッ化水素酸のうちのいずれかを有するエッチング液を用いることで、簡易に鉛を含まないペロブスカイト型酸化物からなる圧電体膜をウェットエッチングによりパターニングすることが可能である。

【0019】

本発明の超音波トランスデューサーの製造方法は、鉛を含まないペロブスカイト型酸化物からなる圧電体膜と、圧電体膜の両面にそれぞれ設けられた第1電極及び第2電極とを備えた超音波トランスデューサーの製造方法であって、前記圧電体膜を形成する工程と、前記圧電体膜にレジストを設けて塩酸及びフッ化水素酸のうちのいずれかを有するエッチング液によるウェットエッチングによりパターニングする工程とを含むことを特徴とする。塩酸及びフッ化水素酸のうちのいずれかを有するエッチング液を用いることで、簡易に

10

20

30

40

50

鉛を含まないペロブスカイト型酸化物からなる圧電体膜をウェットエッチングによりパターンニングすることが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】実施形態1に係るインクジェット式記録ヘッドの分解斜視図である。

【図2】実施形態1に係るインクジェット式記録ヘッドの平面図及び断面図である。

【図3】実施形態1に係る記録ヘッドの製造方法を示す断面図である。

【図4】実施形態1に係る記録ヘッドの製造方法を示す断面図である。

【図5】実施形態1に係る記録ヘッドの製造方法を示す断面図である。

【図6】実施形態1に係る記録ヘッドの製造工程におけるSEM写真である。

10

【図7】実施形態1に係る記録ヘッドの製造方法を示す断面図である。

【図8】実施形態2に係る記録ヘッドの製造工程におけるSEM写真である。

【図9】一実施形態に係る液体噴射装置を示す概略図である。

【図10】超音波トランスデューサー及びこれを搭載する超音波デバイスを示す図。

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下、本発明の実施形態について図面を参照して詳細に説明する。

（実施形態1）

（インクジェット式記録ヘッド）

図1は、本発明の実施形態1に係る液体噴射ヘッドの一例であるインクジェット式記録ヘッドの斜視図であり、図2は、インクジェット式記録ヘッドの平面図及び断面図である。

20

【0022】

図示するように、本実施形態の液体噴射ヘッドの一例であるインクジェット式記録ヘッド1が備える流路形成基板10には、圧力発生室12が形成されている。そして、複数の隔壁11によって区画された圧力発生室12がインクを吐出する複数のノズル開口21が並設される方向に沿って並設されている。以降、この方向を圧力発生室12の並設方向、又は第1の方向Xと称する。また、流路形成基板10平面内において、第1の方向Xに直交する方向を第2の方向Yとする。さらに、第1の方向X及び第2の方向Yに直交する方向を第3の方向Zとする。図には、第1の方向Xに並設された圧力発生室12の列は1列分示されているが、圧力発生室12の列を第2の方向Yに複数並設してもよい。流路形成基板10の圧力発生室12の長手方向の一端部側、すなわち第2の方向Yの一端部側には、インク供給路13と連通路14とが複数の隔壁11によって区画されている。連通路14の外側（第2の方向Yにおいて圧力発生室12とは反対側）には、各圧力発生室12の共通のインク室（液体室）となるマニホールド100の一部を構成する連通部15が形成されている。すなわち、流路形成基板10には、圧力発生室12、インク供給路13、連通路14及び連通部15からなる液体流路が設けられている。

30

【0023】

流路形成基板10の一方面側、すなわち圧力発生室12等の液体流路が開口する面には、各圧力発生室12に連通するノズル開口21が穿設されたノズルプレート20が、接着剤や熱溶着フィルム等によって接合されている。すなわち、ノズルプレート20には、第1の方向Xにノズル開口21が並設されている。

40

【0024】

流路形成基板10の他方面側には、振動板50が形成されている。本実施形態に係る振動板50は、流路形成基板10上に形成された弾性膜51と、弾性膜51上に形成された絶縁体膜52とで構成されている。なお、圧力発生室12等の液体流路は、流路形成基板10を一方面から異方性エッチングすることにより形成されており、圧力発生室12等の液体流路の他方面は、振動板50（弾性膜51）で構成されている。

【0025】

絶縁体膜52上には、厚さが例えば、約0.2 μmの第1電極60と、厚さが例えば、

50

約  $1.0\ \mu\text{m}$  の圧電体層 70 と、厚さが例えば、約  $0.05\ \mu\text{m}$  の第 2 電極 80 とで構成される圧電素子 300 が形成されている。この基板（流路形成基板 10）に設けられた圧電素子 300 は、本実施形態ではアクチュエーター装置として機能する。

#### 【0026】

以下、アクチュエーター装置を構成する圧電素子 300 について詳細に説明する。圧電素子 300 を構成する第 1 電極 60 は圧力発生室 12 毎に切り分けられ、圧電素子 300 毎に独立する個別電極を構成する。そして第 1 電極 60 は、圧力発生室 12 の第 1 の方向 X においては、圧力発生室 12 の幅よりも狭い幅で形成されている。すなわち圧力発生室 12 の第 1 の方向 X において、第 1 電極 60 の端部は、圧力発生室 12 に対向する領域の内側に位置している。圧力発生室 12 の第 2 の方向 Y では、第 1 電極 60 の両端部は、それぞれ圧力発生室 12 の外側まで延設されている。なお、第 1 電極 60 の材料は、金属材料であれば特に限定されないが、例えば、Ti、Pt、Ta、Ir、Sr、In、Sn、Au、Al、Fe、Cr、Ni、Cu などの金属や、これらの材料の 1 種のみ、又はこれらの 2 種以上を混合又は積層したものを第 1 電極 60 としてもよい。

#### 【0027】

圧電体層 70 は、第 2 の方向 Y が所定の幅となるように第 1 の方向 X に亘って連続して設けられている。圧電体層 70 の第 2 の方向 Y の幅は、圧力発生室 12 の第 2 の方向 Y の長さよりも広い。このため、圧力発生室 12 の第 2 の方向 Y では、圧電体層 70 は圧力発生室 12 の外側まで設けられている。

#### 【0028】

圧力発生室 12 の第 2 の方向 Y の一端部側（本実施形態では、インク供給路側）における圧電体層 70 の端部は、第 1 電極 60 の端部よりも外側に位置している。すなわち、第 1 電極 60 の端部は圧電体層 70 によって覆われている。圧力発生室 12 の第 2 の方向 Y の他端側における圧電体層 70 の端部は、第 1 電極 60 の端部よりも内側（圧力発生室 12 側）に位置している。

#### 【0029】

なお、圧電体層 70 の外側まで延設された第 1 電極 60 には、例えば、金（Au）等からなるリード電極 90 が接続されている。図示は省略するが、このリード電極 90 は、駆動回路等に繋がる接続配線が接続される端子部を構成する。

#### 【0030】

また、圧電体層 70 には、各隔壁 11 に対向する凹部 71 が形成されている。この凹部 71 の第 1 の方向 X の幅は、各隔壁 11 の第 1 の方向 X の幅と略同一、もしくはそれよりも広がっている。すなわち、圧電体層 70 は、第 1 の方向 X に沿って各圧力発生室 12 に亘り連続的に形成され、各隔壁 11 に対向する一部が除去されて凹部 71 が形成されている。この凹部 71 により、振動板 50 の圧力発生室 12 の幅方向端部に対向する部分（いわゆる振動板 50 の腕部）の剛性が抑えられるため、圧電素子 300 を良好に変位させることができる。

#### 【0031】

圧電体層 70 としては、第 1 電極 60 上に形成される電気機械変換作用を示す強誘電性セラミックス材料からなるペロブスカイト構造の結晶膜（ペロブスカイト型結晶）が挙げられる。圧電体層 70 の材料としては、鉛を含まないペロブスカイト型複合酸化物である非鉛系の圧電材料を用いることもできる。非鉛系の圧電材料としては、例えば、鉄酸ビスマス（ $(\text{BiFeO}_3)$ 、略「BFO」）、チタン酸バリウム（ $(\text{BaTiO}_3)$ 、略「BT」）、ニオブ酸カリウムナトリウム（ $(\text{K}, \text{Na})(\text{NbO}_3)$ 、略「KNN」）、ニオブ酸カリウムナトリウムリチウム（ $(\text{K}, \text{Na}, \text{Li})(\text{NbO}_3)$ ）、ニオブ酸 tantalum 酸カリウムナトリウムリチウム（ $(\text{K}, \text{Na}, \text{Li})(\text{Nb}, \text{Ta})\text{O}_3$ ）、チタン酸ビスマスカリウム（ $(\text{Bi}_{1/2}\text{K}_{1/2})\text{TiO}_3$ 、略「BKT」）、チタン酸ビスマスナトリウム（ $(\text{Bi}_{1/2}\text{Na}_{1/2})\text{TiO}_3$ 、略「BNT」）、マンガン酸ビスマス（ $\text{BiMnO}_3$ 、略「BM」）、ビスマス、カリウム、チタン及び鉄を含みペロブスカイト構造を有する複合酸化物（ $(\text{Bi}, \text{K})(\text{Ti}, \text{Fe})\text{O}_3$ 、略「BKT-BF」）、ビスマス

、鉄、バリウム及びチタンを含みペロブスカイト構造を有する複合酸化物（（Bi、Ba）（Fe、Ti）O<sub>3</sub>、略「BFO-BT」）や、これにマンガン、コバルト、クロムなどの金属を添加したもの（（Bi、Ba）（Fe、Ti、M）O<sub>3</sub>（Mは、Mn、CoまたはCr））等が挙げられる。

本実施形態では、圧電材料としてBFOを用いている。

#### 【0032】

本実施形態では、かかる圧電体層70は、詳しくは後述するようにウェットエッチングによりパターンニングされたものである。従って、本実施形態の圧電体層70は、所望の微細形状に簡易に、かつ、短時間で形成されたものである。

#### 【0033】

第2電極80は、圧力発生室12の第1の方向Xにおいて、圧電体層70上に連続して設けられ、複数の圧電素子300に共通する共通電極を構成する。圧力発生室12の第2の方向Yの一端側における第2電極80の端部は、圧電体層70の端部よりも外側に位置している。つまり圧電体層70の端部は第2電極80によって覆われている。

#### 【0034】

このような第2電極80の材料は、金属材料であれば特に限定されず、例えば、第1電極60と同様の材料を用いることができる。このような構成の圧電素子300は、第1電極60と第2電極80との間に電圧を印加することで変位が生じる。すなわち両電極の間に電圧を印加することで、第1電極60と第2電極80とで挟まれている圧電体層70に圧電歪みが生じる。そして、両電極に電圧を印加した際に、圧電体層70に圧電歪みが生じる部分を能動部320と称する。これに対して、圧電体層70に圧電歪みが生じない部分を非能動部と称する。また、圧電体層70に圧電歪みが生じる能動部320において、圧力発生室12に対向する部分を可撓部と称し、圧力発生室12の外側の部分を非可撓部と称する。

#### 【0035】

本実施形態では、第1電極60、圧電体層70及び第2電極80の全てが圧力発生室12の第2の方向Yにおいて圧力発生室12の外側まで連続的に設けられている。すなわち能動部320が圧力発生室12の外側まで連続的に設けられている。このため、能動部320のうち圧電素子300の圧力発生室12に対向する部分が可撓部となり、圧力発生室12の外側の部分が非可撓部となっている。

#### 【0036】

なお、上述のように第1電極60は、圧力発生室12毎に切り分けられているため、圧電素子300には、第2の方向Yに沿って、すなわち、能動部320の長手方向（第2の方向Y）に沿って、第1電極60の段差が形成されている。

#### 【0037】

図1及び図2に示すように、圧電素子300が形成された流路形成基板10上には、圧電素子300を保護する保護基板30が接着剤35によって接合されている。保護基板30には、圧電素子300を収容する空間を画成する凹部である圧電素子保持部31が設けられている。また保護基板30には、マニホールド100の一部を構成するマニホールド部32が設けられている。マニホールド部32は、保護基板30を厚さ方向に貫通して圧力発生室12の幅方向に亘って形成されており、上述のように流路形成基板10の連通部15と連通している。また保護基板30には、保護基板30を厚さ方向に貫通する貫通孔33が設けられている。各圧電素子300の第1電極60に接続されたリード電極90は、この貫通孔33内に露出している。各圧電素子300の第1電極60に接続されたリード電極90には、図示しない駆動回路に接続される接続配線の一端がこの貫通孔33内で接続されている。

#### 【0038】

保護基板30上には、封止膜41及び固定板42とからなるコンプライアンス基板40が接合されている。封止膜41は、剛性が低く可撓性を有する材料からなり、この封止膜41によってマニホールド部32の一方面が封止されている。また、固定板42は、金属

10

20

30

40

50

等の硬質の材料で形成される。この固定板 42 のマニホールド 100 に対向する領域は、厚さ方向に完全に除去された開口部 43 となっているため、マニホールド 100 の一方は可撓性を有する封止膜 41 のみで封止されている。

#### 【0039】

このような本実施形態のインクジェット式記録ヘッド I では、図示しない外部インク供給手段と接続したインク導入口からインクを取り込み、マニホールド 100 からノズル開口 21 に至るまで液体流路の内部をインクで満たした後、駆動回路からの記録信号に従い、圧力発生室 12 に対応するそれぞれの第 1 電極 60 と第 2 電極 80 との間に電圧を印加する。これにより圧電素子 300 と共に振動板 50 がたわみ変形して各圧力発生室 12 内の圧力が高まり、各ノズル開口 21 からインク滴が噴射される。

10

#### 【0040】

(インクジェット式記録ヘッドの製造方法)

このような本実施形態のインクジェット式記録ヘッドの製造方法について説明する。なお、図 3～図 8 は、インクジェット式記録ヘッドの製造方法を示す第 1 の方向 X の断面図である。

#### 【0041】

まず、図 3 (a) に示すように、シリコンウェハーである流路形成基板用ウェハー 110 の表面に弾性膜 51 を形成する。本実施形態では、流路形成基板用ウェハー 110 を熱酸化することによって二酸化シリコンからなる弾性膜 51 を形成した。もちろん、弾性膜 51 の形成方法は熱酸化に限定されず、スパッタリング法や CVD 法等によって形成してもよい。

20

#### 【0042】

次いで、図 3 (b) に示すように、弾性膜 51 上に、酸化ジルコニウムからなる絶縁体膜 52 を形成する。絶縁体膜 52 は、ジルコニウムをスパッタリング法等により形成後、加熱することで熱酸化して形成してもよく、酸化ジルコニウムを反応性スパッタリング法により形成するようにしてもよい。この弾性膜 51 及び絶縁体膜 52 によって振動板 50 が形成される。

#### 【0043】

次いで、図 3 (c) に示すように、絶縁体膜 52 上の全面に第 1 電極 60 を形成する。この第 1 電極 60 の材料は特に限定されないが、例えば白金やイリジウムである。また、第 1 電極 60 は、例えば、スパッタリング法や PVD 法 (物理蒸着法) などにより形成することができる。

30

#### 【0044】

次いで、図 4 (a) に示すように、第 1 電極 60 をパターニングする。パターニングは、例えば、イオンミリング等のドライエッチングにより行うことができる。

#### 【0045】

次に、本実施形態では、第 1 電極 60 上に、有機金属化合物、具体的には、Bi, Fe, Mn, Ti, Ba 等を含有する有機金属化合物を、目的とする組成比になる割合で含むゾルや MOD 溶液 (前駆体溶液) をスピコート法などを用いて、塗布して圧電体前駆体膜 73 を形成する (塗布工程)。なお、圧電体層 70 の製造方法は、ゾルーゲル法や MOD (Metal-Organic Decomposition) 法に限定されず、スパッタリング法又はレーザーアブレーション法等の PVD (Physical Vapor Deposition) 法等を用いてもよい。すなわち、圧電体層 70 は液相法、気相法の何れで形成してもよい。

40

#### 【0046】

塗布する前駆体溶液は、Bi, Fe をそれぞれ含む有機金属化合物を、各金属が所望のモル比となるように混合し、該混合物をアルコールなどの有機溶媒を用いて溶解または分散させたものである。Bi, Fe をそれぞれ含む有機金属化合物としては、例えば、金属アルコキシド、有機酸塩、βジケトン錯体などを用いることができる。Bi を含む有機金属化合物としては、例えば 2-エチルヘキサン酸ビスマスなどが挙げられる。Fe を含む有機金属化合物としては、例えば 2-エチルヘキサン酸鉄などが挙げられる。勿論、Bi

50

及びFeを含む有機金属化合物を用いてもよい。

#### 【0047】

なお、ここではBFOからなる圧電体層70を形成することを説明したが、他の鉛を含まない圧電材料による圧電体層を形成する場合には、前駆体溶液として、有機金属化合物を、各金属が所望のモル比となるように混合し、該混合物をアルコールなどの有機溶媒を用いて溶解または分散させて調製すればよい。

#### 【0048】

次いで、この圧電体前駆体膜73を所定温度（例えば、150～200℃）に加熱して一定時間乾燥させる（乾燥工程）。次に、乾燥した圧電体前駆体膜73を所定温度（例えば、350～450℃）に加熱して一定時間保持することによって脱脂する（脱脂工程）。ここで言う脱脂とは、圧電体前駆体膜73に含まれる有機成分を、例えば、NO<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O等として離脱させることである。乾燥工程や脱脂工程の雰囲気は限定されず、大気中、酸素雰囲気中や不活性ガス中でもよい。なお、塗布工程、乾燥工程及び脱脂工程を複数回行ってよい。

#### 【0049】

次に、図4（b）に示すように、圧電体前駆体膜73を加熱して一定時間保持することによって結晶化させ、圧電体膜74を形成する（焼成工程）。加熱温度は、例えば600～800℃程度とすればよい。この焼成工程においても、雰囲気は限定されず、大気中、酸素雰囲気中や、不活性ガス中でもよい。

#### 【0050】

なお、乾燥工程、脱脂工程及び焼成工程で用いられる加熱装置としては、例えば、赤外線ランプの照射により加熱するRTA（Rapid Thermal Annealing）装置やホットプレート等が挙げられる。

#### 【0051】

次に、図4（c）に示すように、圧電体層70にレジスト膜78を形成する。ここで、レジスト膜78はマスクとして機能するものであり、有機材料からなるものを用いている。有機材料としては、例えば、フェノールまたはo-、m-またはp-クレゾール、キシレノールまたはこれらのフェノール系化合物の混合物とホルムアルデヒドとの縮合反応により得られるノボラック系樹脂が好ましく用いられる。ノボラック系樹脂は、高精度なパターニングが可能であることから、レジスト材料として好適である。

#### 【0052】

本実施形態ではレジスト膜78としてはノボラック系樹脂を用いている。なお、レジスト膜78は有機材料であるものを用いるとサイドエッチング量をより効果的に抑制することができるが、いわゆるハードマスクを用いてもよい。なお、サイドエッチング量を抑制することで隣接する圧電体層の間隔を狭くすることができ、高解像度化を実現することができる。

#### 【0053】

次いで、図5（a）に示すように、フォトリソグラフィ法により、圧電体層70の各圧電素子300が形成される領域ごとにレジスト膜78が形成されるようにパターニングする。

#### 【0054】

次いで、図5（b）に示すように、ウェットエッチングにより、圧電体層70を各圧力発生室12に対向する領域にパターニングする（パターニング工程）。

#### 【0055】

ウェットエッチング液としては、本実施形態では、塩化水素を12重量%含む塩酸を用いている。塩酸を用いることで、BFOからなる圧電体層70をパターニングすることができる。

#### 【0056】

ここで、図6（a）に、本実施形態で用いられる塩化水素12重量%である塩酸により圧電体層70を120秒ウェットエッチングした場合のSEM写真を示す。

## 【0057】

図6(a)に示すように、塩酸によりウェットエッチングすることにより、BFO系圧電体層はパターニングされた。また、サイドエッチング量は $0.7\mu\text{m}$ であり少ないことが確認できた。

## 【0058】

また、図6(b)に、チタン酸ジルコン酸鉛(PZT)からなる圧電体層をエッチングする際に用いられるエッチング液(PZTエッチング液)によりウェットエッチングした場合のSEM写真を示す。図6(b)に示すように、チタン酸ジルコン酸鉛をエッチングする際に用いられるエッチング液ではBFO系圧電体からなる圧電体層をパターニングすることはできなかった。PZTエッチング液は、フッ化水素(0.01~0.90重量%)と塩化水素(1~9重量%)とを含有するものであった。

10

## 【0059】

従って、塩化水素とフッ化水素とを含有するエッチング液ではBFO系圧電体からなる圧電体層をエッチングできず、本実施形態のように塩酸を用いることでBFO系圧電体をパターニングすることができることが分かった。

## 【0060】

なお、ここでは塩酸は塩化水素が12重量%含有されているものを示したが、これに限定されない。塩酸における塩化水素の濃度としては9重量%より多く24重量%より少ないことが好ましい。9重量%より少ないと必要なエッチング時間が長すぎることになり、24重量%よりも多いとエッチングの制御が難しいからである。従って、上記範囲であることで、適度なエッチング時間で、エッチングを制御しつつパターニングを行うことができる。

20

## 【0061】

次に、図5(c)に示すように、レジスト膜78を除去し、圧電体層70上及び絶縁体膜52上に亘って、第2電極80を形成する。なお、第2電極80は、スパッタリング法やPVD法(物理蒸着法)、また無電解めっき法などにより形成することもできる。

## 【0062】

次に、図7(a)に示すように、流路形成基板用ウェハー110の圧電素子300側に、シリコンウェハーであり複数の保護基板30となる保護基板用ウェハー130を接着剤を介して接合した後、流路形成基板用ウェハー110を所定の厚みに薄くする。

30

## 【0063】

次いで、図7(b)に示すように、流路形成基板用ウェハー110にマスク膜53を新たに形成し、所定形状にパターニングする。そして、図7(c)に示すように、流路形成基板用ウェハー110をマスク膜53を介してKOH等のアルカリ溶液を用いた異方性エッチング(ウェットエッチング)することにより、圧電素子300に対応する圧力発生室12、インク供給路13、連通路14及び連通部15等を形成する。

## 【0064】

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

40

## 【0065】

このように、本実施形態では、ウェットエッチングにより圧電体層70を簡易にパターニングすることができる。

## 【0066】

本実施形態では、ウェットエッチング液としては塩酸を用いたが、これに限定されない。フッ化水素酸を含有するエッチング液、例えばバッファードフッ酸を用いてもよい。こ

50

の場合のバッファードフッ酸におけるフッ化水素の含有量は例えば7重量%程度であることが好ましい。この範囲であることで、適度なエッチング時間で、エッチングを制御しつつパターニングを行うことができる。

#### 【0067】

(第2実施形態)

本発明の第2実施形態について以下説明する。第2実施形態においては、ウェットエッチングを2工程に分けて行った点が実施形態1とは異なる。

#### 【0068】

即ち、本実施形態では、パターニング工程は、ウェットエッチングをバッファードフッ酸により行う第1工程と、ウェットエッチングを硝酸により行う第2工程とを備える。このようにパターニング工程を2工程に分けて異なるエッチング液を用いることで、圧電体層70をより適切にウェットエッチングによりパターニングすることができる。即ち、バッファードフッ酸のみでウェットエッチングすると圧電体層70自体はパターニングされるのであるがエッチングによる生成反応物(残渣物)を十分に除去することができず、生成反応物が多数付着した状態となることもある。

#### 【0069】

このため、本実施形態では第2工程においてさらに硝酸によりウェットエッチングすることでエッチングによる生成反応物を除去し、この二つの工程により圧電体層70をパターニングしている。

#### 【0070】

この場合に、さらに第1工程におけるエッチング時間を調整することで、圧電体層70のテーパー角度、即ち端部の勾配を調整することができる。具体的には、第1工程においてバッファードフッ酸によるウェットエッチングの時間を長くすることで圧電体層70のエッチング面の勾配をなだらかにすることができる。

#### 【0071】

この点について、図8を用いて詳細に説明する。

#### 【0072】

図8(a)は、第1工程として圧電体層70を20重量%濃度のバッファードフッ酸(商品名:SE-13 ステラケミファ株式会社製)で75秒エッチングした後に、第2工程として圧電体層70を硝酸でエッチングした場合のSEM写真である。図8(a)に示すように、エッチングされた面にエッチングによる反応生成物の残りが少なく、圧電体層70が実質的にパターニングされている。

#### 【0073】

また、図8(b)は20重量%濃度のバッファードフッ酸で圧電体層70を180秒エッチングした場合のSEM写真である。このように、第1工程でのみ20重量%濃度のバッファードフッ酸でエッチングした場合には、圧電体層70自体はエッチングされているものの、エッチングによる反応生成物が付着してしまっている。そこで、本実施形態では、第2工程として硝酸でエッチングすることで反応生成物を除去して図8(a)に示すように圧電体層70が実質的にパターニングされることができるよう構成している。

#### 【0074】

そして、図8(a)と図8(b)とを比較すると分かるように、エッチング時間を変更することで、圧電体層の端部の勾配が変更される。即ち、同じエッチング液を使用しても、エッチング時間が長い図8(b)に示す場合の方が図8(a)に示す場合よりも勾配が緩やかである。

#### 【0075】

このように第1工程におけるエッチング時間を長くすることで第2工程終了時に圧電体層70のテーパー(圧電体層の端部)を所望の角度で形成することができる。この場合に、圧電体層70のテーパー角度がなだらかであると、より第2電極80が圧電体層70に付着しやすい。また、圧電体層70のテーパー角度がきついと、より高密度に圧電素子300を配置することができる。従って、所望の特性に応じてエッチング時間を変更して簡

易に所望の構造を形成することができる。

【0076】

本実施形態では、第2工程で用いるエッチング液は硝酸であったが、塩酸であっても同様の効果を得ることができる。

【0077】

また、第1工程で塩酸をエッチング液として用いても良い。塩酸の場合には、本実施形態で説明したような圧電体層の端部の勾配を変更することはできないが、塩酸の場合にもエッチングにより多少の反応性生成物が付着するので第2工程で硝酸により除去することが好ましい。なお、第1工程で塩酸を用いる場合には第2工程で用いるエッチング液は硝酸に限定される。第1工程と第2工程とで異なるエッチング液を用いることが好ましいからである。

10

【0078】

(インクジェット式記録装置)

上述したいずれかの実施形態によるインクジェット式記録ヘッドIは、例えば、図9に示すように、インクジェット式記録装置IIに搭載される。インクジェット式記録ヘッドIを有する記録ヘッドユニット1は、インク供給手段を構成するカートリッジ2が着脱可能に設けられ、この記録ヘッドユニット1を搭載したキャリッジ3は、装置本体4に取り付けられたキャリッジ軸5に軸方向移動可能に設けられている。この記録ヘッドユニット1は、例えば、ブラックインク組成物及びカラーインク組成物を噴射する。

【0079】

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

20

【0080】

そして本発明では、上述のようにインクジェット式記録ヘッドIを構成する圧電素子300の破壊を抑制しつつ噴射特性の均一化を図ることができる。結果として、印刷品質を向上し耐久性を高めたインクジェット式記録装置IIを実現することができる。

【0081】

なお、上述した例では、インクジェット式記録装置IIとして、インクジェット式記録ヘッドIがキャリッジ3に搭載されて主走査方向に移動するものを例示したが、その構成は特に限定されるものではない。インクジェット式記録装置IIは、例えば、インクジェット式記録ヘッドIを固定し、紙等の記録シートSを副走査方向に移動させることで印刷を行う、いわゆるライン式の記録装置であってもよい。

30

【0082】

(超音波トランスデューサー)

さらに上述した圧電素子やインクジェット式記録ヘッドの製造方法については、超音波トランスデューサーの製造方法にも適用することができる。以下、超音波トランスデューサー及び超音波トランスデューサーを搭載する超音波デバイスについて説明する。なお、以下に説明する本実施形態は、特許請求の範囲に記載された本発明の内容を不当に限定するものではなく、本実施形態で説明される構成の全てが本発明の解決手段として必須であることとは限らない。また、上述した実施形態と同一の部材には同一の符号をつけて重複する説明は省略する。

40

【0083】

本実施形態においては、超音波の発信と受信は圧電効果を利用する電気音響変換器を用いて行われる。係る電気音響変換器は、圧電素子であり、超音波発信時には電気エネルギーを機械エネルギーに変換(逆圧電効果)を利用し、圧電体層の収縮と伸長による変化は、振動板を振動させるように励起させることによって超音波を発信する。従ってこの場合は、圧電素子は発信用超音波トランスデューサーである。

50

## 【0084】

更に被検出体から反射された超音波を受信するには機械エネルギーを電気エネルギーに変換（正圧電効果）し、圧電体層の変形によって電気エネルギーが生成され、電気エネルギーの信号を検出する。従ってこの場合は、圧電素子は受信用超音波トランスデューサーである。

## 【0085】

なお、本実施形態における圧電素子とは、振動板上に設けられた第1電極と、第1電極上に設けられた圧電体層と、圧電体層上に設けられた第2電極と、を具備するものである。

## 【0086】

図10は、超音波トランスデューサーを搭載する超音波デバイスの平面図及びそのB-B'線断面図である。

## 【0087】

図10(a)に示すように、複数の発信用超音波トランスデューサー301と受信用超音波トランスデューサー302とが基板開口部12aを有する基板10上にアレイ状に設けられ、超音波デバイス200（アレイセンサー）を成している。複数の発信用超音波トランスデューサー301及び複数の受信用超音波トランスデューサー302を列ごとに交互に配置し、トランスデューサーの列ごとに通電は切り替えられる。こうした通電の切り替えに応じてラインスキャンやセクタスキャンは実現される。また、通電するトランスデューサーの個数と列数とに応じて超音波の出力と入力とのレベルが決定される。図中では省略されて6行×6列が描かれる。配列の行数と列数はスキャンの範囲の広がりに応じて決定される。

## 【0088】

なお、発信用超音波トランスデューサー301と受信用超音波トランスデューサー302とをトランスデューサーごとに交互に配置することも可能である。この場合は、発信側と受信側の中心軸を合わせた超音波発信・受信源とすることで発信・受信の指向角を合わせ易いものとする。

## 【0089】

また、本実施例は、デバイスの小型化のため、一枚の基板10上に発信用超音波トランスデューサー301と受信用超音波トランスデューサー302との両方を配置したが、超音波トランスデューサーの機能に応じて発信用超音波トランスデューサー301と受信用超音波トランスデューサー302とはそれぞれ独立の基板上に配置するか、或いは用途に応じて複数枚の基板を用いることも可能である。更に発信と受信の時間差を利用して一つの超音波トランスデューサーに発信と受信との機能を両方備えることも可能である。

## 【0090】

図10(b)において、超音波変換器として使用可能な実施例としては、例えば、基板10は(100)、(110)或いは(111)配向を有する単結晶シリコンによって構成される。または、シリコン材料以外にも $ZrO_2$ あるいは $Al_2O_3$ を代表とするセラミック材料、ガラスセラミック材料、 $MgO$ 、 $LaAlO_3$ のような酸化物基板材料、 $SiC$ 、 $SiO_2$ 、多結晶シリコン、 $Si_3N_4$ のような無機材料も使用できる。または、これらの材料の組合せによる積層材料でもよい。

## 【0091】

基板10の上方（圧電体層70側）に振動板50が形成されている。なお、振動板50の膜厚は、共振周波数に基づき決定する。

## 【0092】

基板10には、基板開口部12aが形成されている。基板開口部12aは、基板材料に応じてエッチング、研磨、レーザー加工などの加工方法を用いて形成することができる。

## 【0093】

振動板50、第1電極60、圧電体層70及び第2電極80については上述した実施形態1と同様のため、構成の説明は省略する。なお、超音波デバイスはインクジェット式記

10

20

30

40

50

録ヘッド I に代表される液体噴射ヘッドに比べてより高周波数領域で駆動する必要があるため、圧電体層 70、振動板 50 と各電極材料と基板 10 の構成、厚み及びヤング率などの物性値を調整してもよい。

#### 【0094】

そして、本実施形態でも実施形態 1 と同様に、圧電体層 70 は、鉛を含まないペロブスカイト型酸化物からなるものである。この圧電体層 70 も、実施形態 1 と同様に、圧電体膜を形成する工程と、圧電体膜にレジストを設けて塩酸及びフッ化水素酸のうちのいずれかを有するエッチング液によるウェットエッチングによりパターンニングするパターンニング工程とにより形成されている。なお、実施形態 2 のようにパターンニング工程を 2 工程に分けても良い。即ち、本実施形態の発信用超音波トランスデューサー 301 と受信用超音波トランスデューサー 302 とは、実施形態 1 又は 2 と同様に形成することができる。本実施形態の発信用超音波トランスデューサー 301 と受信用超音波トランスデューサー 302 とが、実施形態 1 又は 2 と同様に形成されることで、本実施形態の発信用超音波トランスデューサー 301 と受信用超音波トランスデューサー 302 とを構成する振動板 50 のオーバーエッチングが抑制される。従って、振動板 50 の厚みにばらつきが抑制され、超音波デバイスの発信性能及び受信性能が向上する。

#### 【0095】

さらに、発信用超音波トランスデューサー 301 と受信用超音波トランスデューサー 302 とにそれぞれ配線（図示せず）が接続され、各配線はフレキシブルプリント基板（図示せず）を介して制御基板（図示せず）の端子部（図示せず）に接続されている。制御基板には演算部、記憶部などからなる制御部（図示せず）が設けられている。制御部は、発信用超音波トランスデューサー 301 に入力する入力信号を制御すると共に、受信用超音波トランスデューサー 302 から出力された出力信号を処理するように構成されている。

#### 【0096】

このように、本願の超音波デバイスでは、バルク型圧電体セラミックスなどを利用したセンサーに比べて MEMS の技術を用いて作成した圧電素子 300 を狭いピッチ（高分解能）で配置できるため、デバイスと該デバイスを搭載する装置の小型化、薄型化と省エネルギー化に効果がある。また、圧電素子 300 間の製造ばらつきが少ないため、認識精度が高くなる効果もある。

#### 【0097】

さらに、圧電体層 70 の膜厚を薄くすることによって変位特性を向上させ、超音波の発信と受信の効率を向上できる効果が得られる。

#### 【0098】

（他の実施形態）

以上、本発明の一実施形態について説明したが、本発明の基本的な構成は上述したものに限定されるものではない。

#### 【0099】

上述の実施形態では、液体噴射ヘッドの一例としてインクジェット式記録ヘッドを挙げて本発明を説明したが、本発明は広く液体噴射ヘッド全般を対象としたものである。液体噴射ヘッドとしては、例えば、プリンター等の画像記録装置に用いられる各種の記録ヘッドの他、液晶ディスプレイ等のカラーフィルターの製造に用いられる色材噴射ヘッド、有機 EL ディスプレイ、FED（電界放出ディスプレイ）等の電極形成に用いられる電極材料噴射ヘッド、バイオ chip 製造に用いられる生体有機物噴射ヘッド等が挙げられる。

さらに本発明は、このような液体噴射ヘッド（インクジェット式記録ヘッド）だけでなく、あらゆる装置に搭載されるアクチュエーター装置に適用することができる。本発明により製造された圧電素子を用いるアクチュエーター装置は、例えば、超音波センサー、焦電センサーのような各種センサー類等にも適用することができる。

#### 【0100】

上記実施形態 1、2 については第 2 電極を共通電極としたが、これに限定されない。第 1 電極を共通電極とし、第 2 電極を個別電極としてもよい。この場合に、圧電体層及び第

10

20

30

40

50

2 電極を覆う保護膜を設けると、ウェットエッチングにより圧電体膜をパターニングすることで圧電体層 70 の端部の表面が荒れるので保護膜の密着性が向上する。

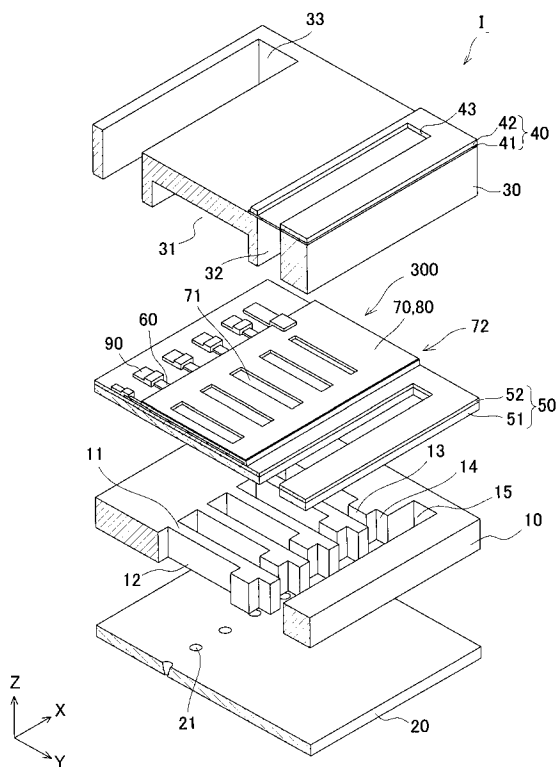
【符号の説明】

【0101】

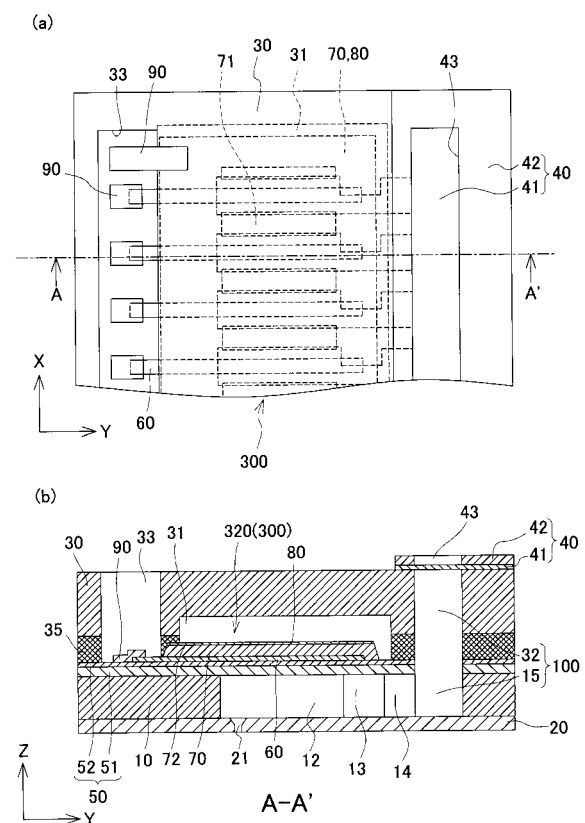
I インクジェット式記録ヘッド（液体噴射ヘッド）、 I I インクジェット式記録装置（液体噴射装置）、 10 流路形成基板、 11 隔壁、 12 圧力発生室、 13 インク供給路、 14 連通路、 15 連通部、 20 ノズルプレート、 21 ノズル開口、 30 保護基板、 31 圧電素子保持部、 32 マニホールド部、 40 コンプライアンス基板、 41 封止膜、 42 固定板、 43 開口部、 50 振動板、 51 弾性膜、 52 絶縁体膜、 60 第1電極、 70 圧電体層、 71 凹部、 73 圧電体前駆体膜、 74 圧電体膜、 80 第2電極、 90 リード電極、 100 マニホールド、 300 圧電素子、 301 発信用超音波トランスデューサー、 302 受信用超音波トランスデューサー、 320 能動部

10

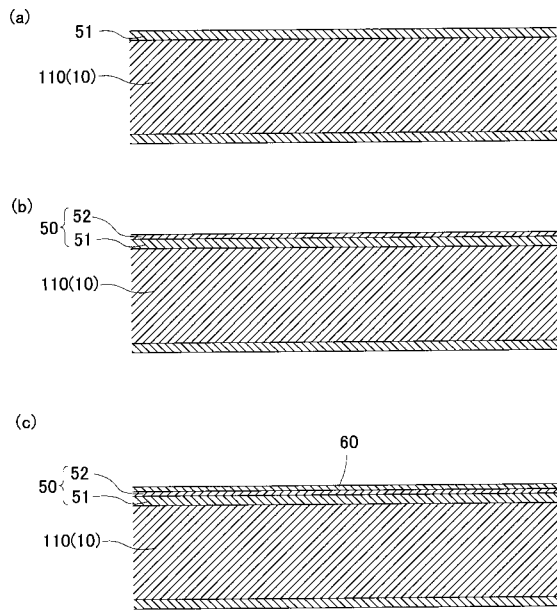
【図 1】



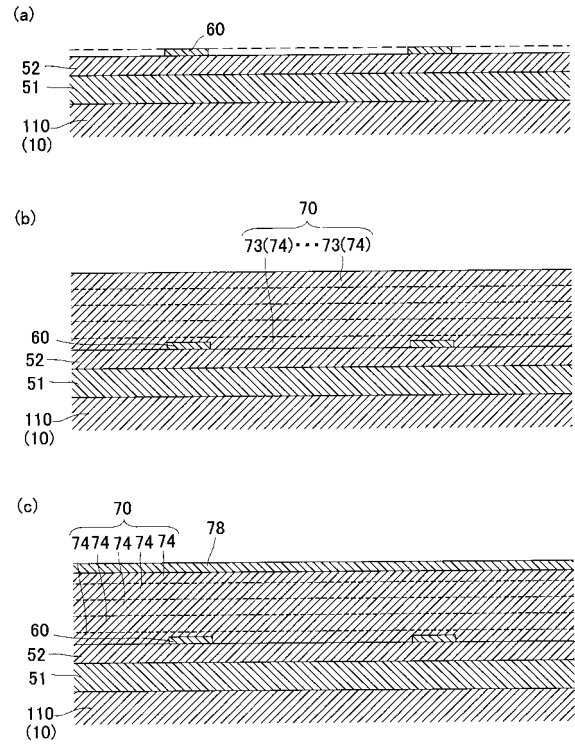
【図 2】



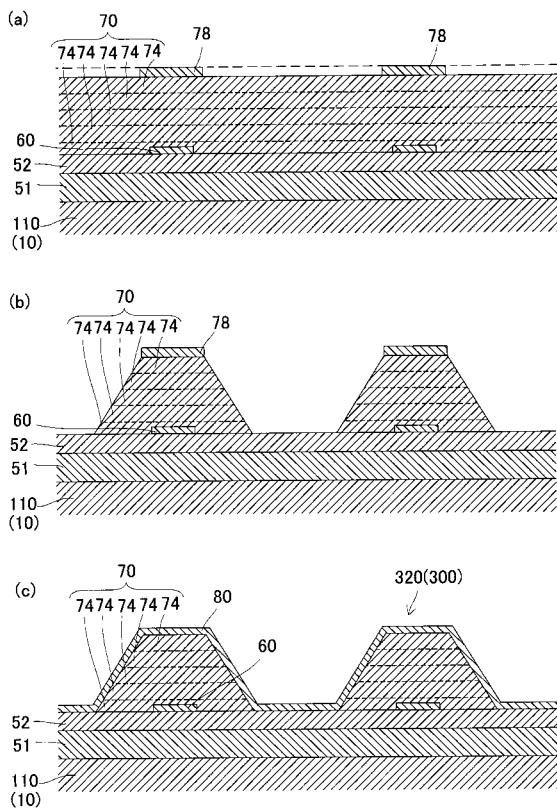
【図 3】



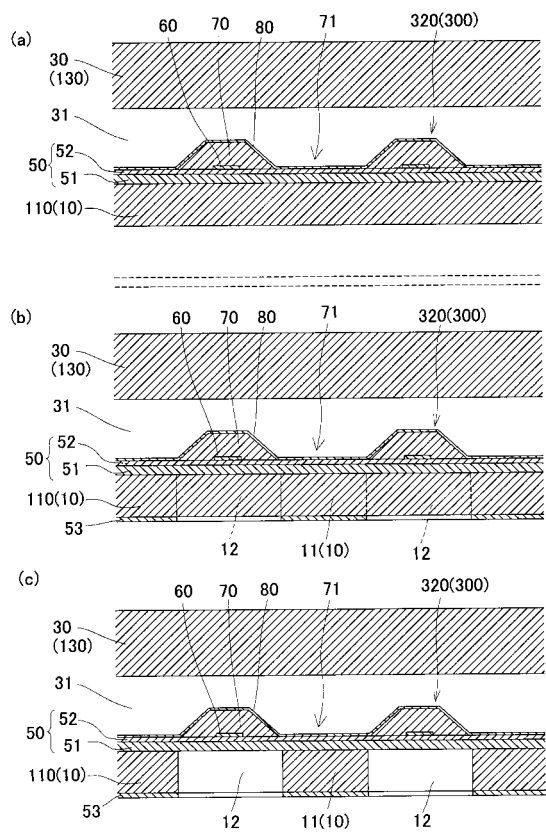
【図 4】



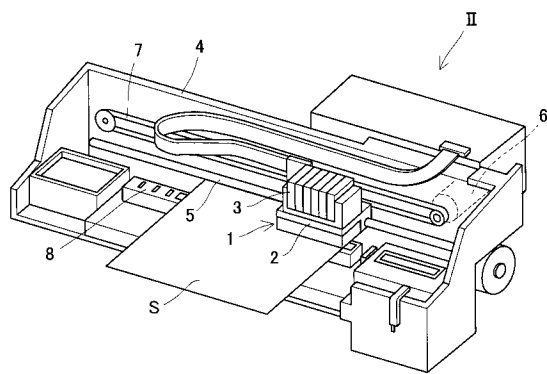
【図 5】



【図 7】

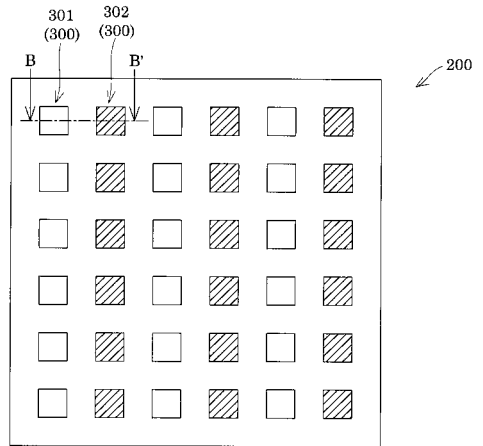


【図 9】

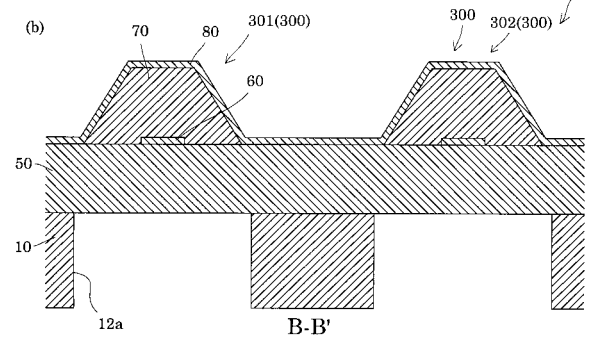


【図 10】

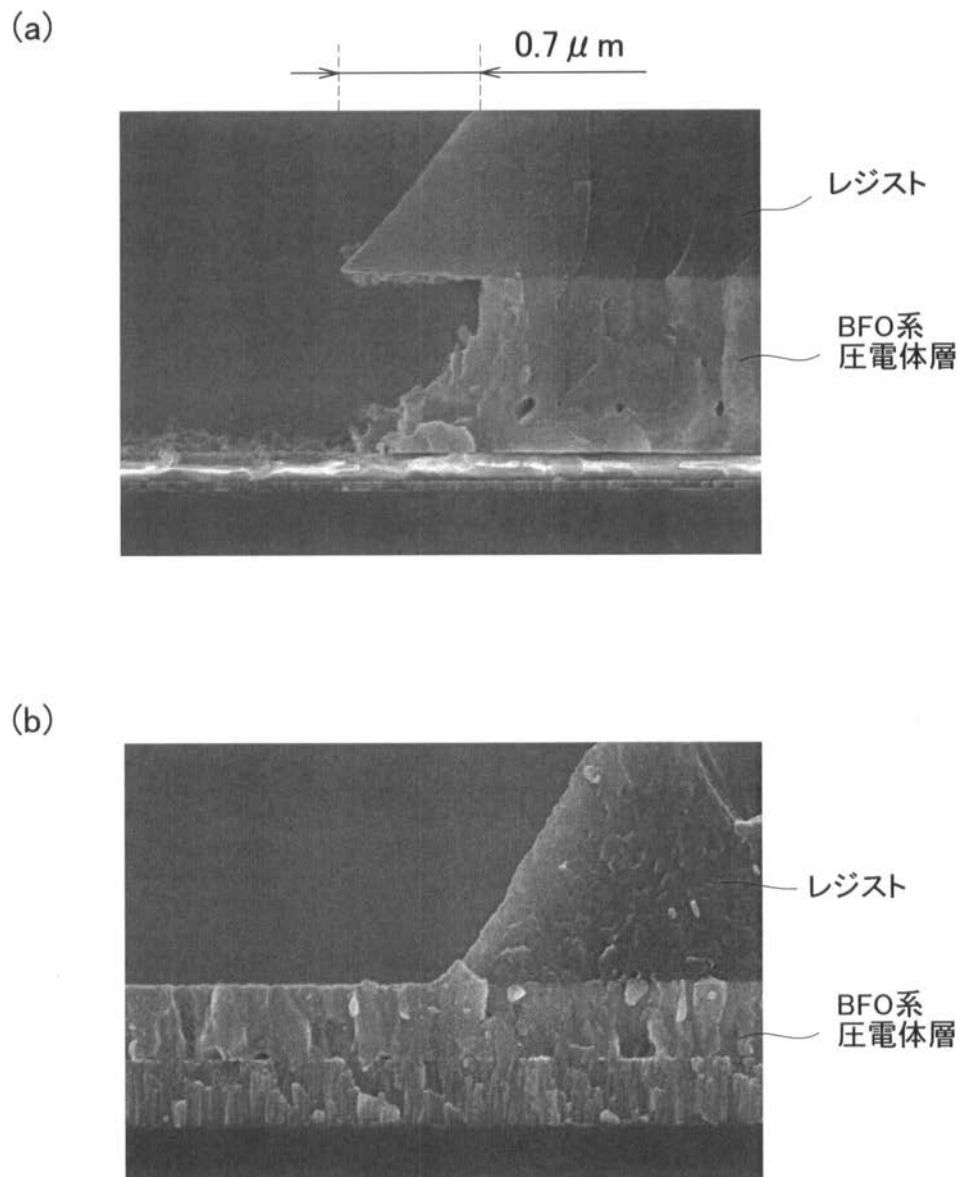
(a)



(b)

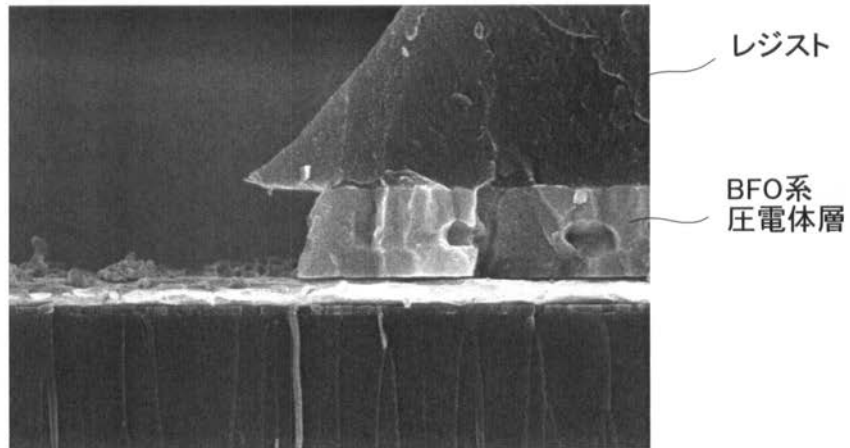


【図 6】



【図 8】

(a)



(b)

