

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6179804号  
(P6179804)

(45) 発行日 平成29年8月16日(2017.8.16)

(24) 登録日 平成29年7月28日(2017.7.28)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 41/257 (2013.01)

H O 1 L 41/257

H O 1 L 41/09 (2006.01)

H O 1 L 41/09

H O 1 L 41/29 (2013.01)

H O 1 L 41/29

B 4 1 J 2/045 (2006.01)

B 4 1 J 2/045

B 4 1 J 2/14 (2006.01)

B 4 1 J 2/14

3 O 1

請求項の数 19 (全 35 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2013-145751 (P2013-145751)  
 (22) 出願日 平成25年7月11日(2013.7.11)  
 (65) 公開番号 特開2015-18968 (P2015-18968A)  
 (43) 公開日 平成27年1月29日(2015.1.29)  
 審査請求日 平成28年6月24日(2016.6.24)

(73) 特許権者 000006747  
 株式会社リコー  
 東京都大田区中馬込1丁目3番6号  
 (74) 代理人 100098626  
 弁理士 黒田 壽  
 (72) 発明者 三輪 圭史  
 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式  
 会社リコー内  
 (72) 発明者 近藤 尚弥  
 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式  
 会社リコー内  
 審査官 小山 満

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】電気機械変換素子の製造方法、電気機械変換素子、液滴吐出ヘッド、液滴吐出装置、及び電気機械変換素子の分極処理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の電気機械変換素子を形成する電気機械変換素子の製造方法であって、  
 基板上にまたは該基板に形成された下地膜上に、第1の駆動電極を形成するステップと

、  
 前記第1の駆動電極上に、互いに独立した複数の電気機械変換膜と、該複数の電気機械変換膜それぞれの上に位置する複数の第2の駆動電極とを形成するステップと、

前記第1の駆動電極上及び前記複数の第2の駆動電極上に第1の絶縁保護膜を形成するステップと、

前記第1の駆動電極に第1の配線を介して電氣的に接続された第1の端子電極と、前記複数の第2の駆動電極それぞれに第2の配線を介して電氣的に接続された複数の第2の端子電極と、該複数の第2の端子電極に電氣的に接続された集合電極とを、前記第1の絶縁保護膜上に形成するステップと、

前記第1の配線上及び前記第2の配線上に形成される膜であり前記第1の端子電極と前記第2の端子電極と前記集合電極とを露出する第2の絶縁保護膜を形成するステップと、

前記第1の端子電極に対応した接触部を有する導電性部材を用い、該導電性部材の接触部を該第1の端子電極に電氣的に接触させて、該導電性部材を介して、放電により発生した電荷を前記第1の駆動電極に注入することにより、前記複数の電気機械変換膜を一括して分極処理するステップと、を有し、

前記第2の絶縁保護膜を形成するステップでは、前記集合電極を露出させて該第2の絶

10

20

縁保護膜を形成し、

前記集合電極はアースに接地されていることを特徴とする電気機械変換素子の製造方法

。

【請求項 2】

請求項 1 の電気機械変換素子の製造方法において、

前記第 1 の端子電極は、外部接続用端子部と、前記導電性部材の接触部を接触させる電荷注入用端子部とを有し、

前記電気機械変換膜を分極処理するステップでは、前記導電性部材の接触部を前記第 1 の端子電極の電荷注入用端子部に電氣的に接触させて、該導電性部材を介して、放電により発生した電荷を前記第 1 の駆動電極に注入することにより、前記複数の電気機械変換膜を一括して分極処理することを特徴とする電気機械変換素子の製造方法。

10

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 の電気機械変換素子の製造方法において、

前記導電性部材の材料は、前記接触部が接触する前記第 1 の端子電極の材料と同じであることを特徴とする電気機械変換素子の製造方法。

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれかの電気機械変換素子の製造方法において、

前記第 1 の駆動電極及び第 1 の端子電極をそれぞれ複数備え、

前記第 1 の絶縁保護膜を形成するステップ及び前記第 2 の絶縁保護膜を形成するステップでは、前記複数の第 1 の端子電極を露出させて各絶縁保護膜を形成し、

20

前記導電性部材は、前記複数の第 1 の端子電極と同数の前記接触部を有することを特徴とする電気機械変換素子の製造方法。

【請求項 5】

請求項 4 の電気機械変換素子の製造方法において、

前記第 1 の端子電極は、前記導電性部材の前記接触部が接触する電荷注入用端子部を有し、

前記導電性部材の前記接触部の前記第 1 の端子電極又は前記電荷注入用端子部に接触する部分の面積は、該第 1 の端子電極又は該電荷注入用端子部の面積以下であることを特徴とする電気機械変換素子の製造方法。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のいずれかの電気機械変換素子の製造方法において、

前記導電性部材の前記放電により発生した電荷が注入される面の面積は、前記基板の面積以上であることを特徴とする電気機械変換素子の製造方法。

30

【請求項 7】

請求項 1 乃至 6 のいずれかの電気機械変換素子の製造方法において、

前記基板上または前記下地膜上に形成した複数の電気機械変換素子を互いに分離して個別化するように切断するステップを有し、

前記複数の第 2 の端子電極に電氣的に接続された集合電極を前記第 1 の絶縁保護膜上に形成するステップでは、前記集合電極を前記電気機械変換膜に対して前記第 2 の端子電極よりも離れた位置に形成し、

40

前記電気機械変換素子を個別化するステップでは、前記複数の第 2 の端子電極と前記集合電極との間を切断することを特徴とする電気機械変換素子の製造方法。

【請求項 8】

請求項 7 の電気機械変換素子の製造方法において、

前記電気機械変換素子を個別化するステップは、前記第 2 の端子電極と前記集合電極との間を完全に切断する切断位置よりも該第 2 の端子電極側を前記基板の厚み方向の途中まで切断するステップを含むことを特徴とする電気機械変換素子の製造方法。

【請求項 9】

請求項 7 の電気機械変換素子の製造方法において、

前記電気機械変換素子を個別化するステップは、

50

前記第2の端子電極と前記集合電極との間を切断刃により前記基板の厚み方向の途中まで切断するステップと、

前記切断刃よりも幅の狭い切断刃により前記基板の厚み方向の途中まで切断した位置を中心に完全に切断するステップと、を含むことを特徴とする電気機械変換素子の製造方法。

【請求項10】

請求項1乃至9のいずれかの電気機械変換素子の製造方法において、

前記分極処理を行うステップにおいて、前記放電により発生する電荷は負極性に帯電していることを特徴とする電気機械変換素子の製造方法。

【請求項11】

請求項1乃至10のいずれかの電気機械変換素子の製造方法において、

前記分極処理を行うステップにおいて、前記放電により、 $1.0 \times 10^{-8}$  [C]以上の電荷量を発生させることを特徴とする電気機械変換素子の製造方法。

【請求項12】

請求項1乃至11のいずれかの電気機械変換素子の製造方法を実施するための電気機械変換素子の分極処理装置であって、

前記放電を発生するための放電電極、又は、該放電電極及び放電を制御するためのグリッド電極と、

前記基板を設置するためのステージと、

前記導電性部材と、を備え、

前記ステージがアースに接地された構成、及び、前記ステージと前記基板との間が絶縁物で絶縁された構成の少なくとも一方の構成を有することを特徴とする電気機械変換素子の分極処理装置。

【請求項13】

請求項1乃至12のいずれかの電気機械変換素子の製造方法により得られた電気機械変換素子であって、

前記電気機械変換膜の分極が、 $\pm 150$  [kV/cm]の電界強度をかけてヒステリシスループを測定する際、測定開始時の0 [kV/cm]における分極を $P_{ini}$ とし、 $+150$  [kV/cm]の電圧印加後、0 [kV/cm]まで戻した際の0 [kV/cm]時の分極を $P_r$ とした場合に、 $P_r$ と $P_{ini}$ との差が $10$  [ $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ ]以下であることを特徴とする電気機械変換素子。

【請求項14】

請求項13の電気機械変換素子において、

前記電気機械変換膜の比誘電率が、600以上、2000以下であることを特徴とする電気機械変換素子。

【請求項15】

請求項13又は14の電気機械変換素子において、

前記第1の駆動電極に電気的に接続された前記第1の配線と、前記第2の駆動電極に電気的に接続された前記第2の配線とが、同一プロセス中に作製されることを特徴とする電気機械変換素子。

【請求項16】

請求項13乃至15のいずれかの電気機械変換素子において、

前記第1の配線及び前記第2の配線の少なくとも一方は、Ag合金、Cu、Al、Al合金、Au、Pt、Irのいずれかから成る金属電極材料で形成されていることを特徴とする電気機械変換素子。

【請求項17】

請求項13乃至16のいずれかの電気機械変換素子において、

前記第1の絶縁保護膜及び前記第2の絶縁保護膜の少なくとも一方は、アルミナ膜、シリコン酸化膜、窒化シリコン膜及び酸化窒化シリコン膜のいずれかの無機膜であることを特徴とする電気機械変換素子。

10

20

30

40

50

## 【請求項 18】

液滴を吐出するノズルと、該ノズルが連通する加圧室と、該加圧室内の液体を昇圧させる吐出駆動手段とを備えた液滴吐出ヘッドにおいて、

前記吐出駆動手段として、前記加圧室の壁の一部を振動板で構成し、該振動板に請求項 13乃至17のいずれかの電気機械変換素子を配置したことを特徴とする液滴吐出ヘッド。

## 【請求項 19】

請求項 18の液滴吐出ヘッドを備えた液滴吐出装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

10

## 【0001】

本発明は、電気機械変換素子の製造方法及び製造装置、電気機械変換素子、その電気機械変換素子を備えた液滴吐出ヘッド、並びに、その液滴吐出ヘッドを備えた液滴吐出装置に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

近年、プリンタ、ファクシミリ、複写装置等の画像記録装置或いは画像形成装置として液滴吐出装置であるインクジェット記録装置が用いられている。このインクジェット記録装置においてインク等の液体からなる記録材を吐出する手段として、液滴吐出ヘッドが用いられている。図1は液滴吐出ヘッドの一例を示す断面図である。図1において、液滴吐出ヘッド10は、インク滴を吐出するノズル11と、ノズル11が連通する加圧室12（インク流路、加圧液室、圧力室、吐出室、液室等とも称される。）とを備えている。また、加圧室12内のインクを加圧する、電気機械変換膜13、上部電極14、下部電極15を有する電気機械変換素子（圧電素子）16を備えている。また、電気機械変換素子16にかえて、ヒータなどの電気熱変換素子、もしくは加圧室12の壁面を形成する振動板とこれに対向する電極などを用いるものなども知られている。そして、電気機械変換素子16により加圧室12内のインクを加圧することによってノズル11からインク滴を吐出させる。

20

## 【0003】

上記電気機械変換素子（圧電素子）を構成する圧電体の結晶は、その圧電素子の作製直後の状態では図2（a）に示すように分極の向きがランダムな状態となっている。その後、上記電圧印加を繰り返すことで、図2（b）に示すように圧電体の結晶は分極の向きが揃ったドメインの集合体となってくる。この圧電体の結晶の分極の向きは、圧電素子の分極特性及びその圧電素子を用いた液滴吐出ヘッドの特性の安定化のため、液滴吐出ヘッドの使用開始時から揃っていることが好ましい。

30

## 【0004】

そこで、従来、液滴吐出ヘッドの使用開始前に、圧電素子の分極の向きを揃える分極処理を行う方法が提案されている。例えば、特許文献1、2には、圧電素子に実使用時の駆動電圧よりも大きいエージング電圧を圧電素子に印加するエージング工程を実施し、駆動電圧に対する圧電素子の変位量を安定化させる圧電素子の製造方法が開示されている。また、特許文献3には、圧電体の表面に間隙を介して対向するように、コロナ放電を発生させる電荷供給手段を配置し、そのコロナ放電により圧電体の表面に電荷を供給することにより、圧電体内に電界を発生させて分極処理（ポーリング処理）を行う方法が開示されている。

40

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

しかしながら、上記特許文献1、2に開示されているエージング工程を実施する方法では、圧電素子を構成する駆動電極又はその駆動電極に接続された端子電極に直接接触させて上記エージング電圧を印加するためのプローブカードやそのプローブカードを駆動する

50

駆動機構などを作製する必要があり、製造効率が悪く、コスト高になるおそれがある。また、コロナ電極にエージング電圧を印加し、列状に並べて配置された複数の駆動電極又は端子電極に対して一括して電荷を注入しようとする、端部の駆動電極又は端子電極に電荷が集中しやすく、複数の圧電素子の均一な分極処理ができなくなるおそれがある。

【 0 0 0 6 】

また、上記特許文献 3 に開示されている方法では、圧電体が形成された後、その後の後工程（層間膜形成や引出配線形成）が行われる前に、圧電素子の表面が露出した状態で分極処理（ポーリング処理）を行う必要がある。そのため、分極処理（ポーリング処理）が実施された圧電素子に、高温（例えば 300 を超える温度）の熱処理を伴う後工程（層間膜形成や引出配線形成）が実施されることになる。従って、その後工程での熱履歴等による影響で圧電素子が脱分極し、例えば図 3 の P - E ヒステリシス特性に示すように、電気機械変換能の特性が上記分極処理（ポーリング処理）の前の状態に戻ってしまう脱分極が発生するおそれがある。

10

【 0 0 0 7 】

本発明は以上の問題点に鑑みなされたものであり、その目的は、製造効率の向上を図りつつ、電気機械変換素子の分極特性のばらつきを低減するとともに分極処理後の脱分極の発生を防止することができる電気機械変換素子の製造方法、電気機械変換素子、その電気機械変換素子を備えた液滴吐出ヘッド、及び、その液滴吐出ヘッドを備えた液滴吐出装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

20

【 0 0 0 8 】

上記目的を達成するために、請求項 1 の発明は、電気機械変換素子の製造方法であって、基板上にまたは該基板に形成された下地膜上に、第 1 の駆動電極を形成するステップと、前記第 1 の駆動電極上に、互いに独立した複数の電気機械変換膜と、該複数の電気機械変換膜それぞれの上に位置する複数の第 2 の駆動電極とを形成するステップと、前記第 1 の駆動電極上及び前記複数の第 2 の駆動電極上に第 1 の絶縁保護膜を形成するステップと、前記第 1 の駆動電極に第 1 の配線を介して電氣的に接続された第 1 の端子電極と、前記複数の第 2 の駆動電極それぞれに第 2 の配線を介して電氣的に接続された複数の第 2 の端子電極と、該複数の第 2 の端子電極に電氣的に接続された集合電極とを、前記第 1 の絶縁保護膜上に形成するステップと、前記第 1 の配線上及び前記第 2 の配線上に形成される膜であり前記第 1 の端子電極と前記第 2 の端子電極と前記集合電極とを露出する第 2 の絶縁保護膜を形成するステップと、前記第 1 の端子電極に対応した接触部を有する導電性部材を用い、該導電性部材の接触部を該第 1 の端子電極に電氣的に接触させて、該導電性部材を介して、放電により発生した電荷を前記第 1 の駆動電極に注入することにより、前記複数の電気機械変換膜を一括して分極処理するステップと、を有し、前記第 2 の絶縁保護膜を形成するステップでは、前記集合電極を露出させて該第 2 の絶縁保護膜を形成し、前記集合電極はアースに接地されていることを特徴とするものである。

30

【発明の効果】

【 0 0 0 9 】

本発明によれば、製造効率の向上を図りつつ、電気機械変換素子の分極特性のばらつきを低減するとともに分極処理後の脱分極の発生を防止することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 0 】

【図 1】液滴吐出ヘッドの概略構成断面図。

【図 2】( a )、( b )は圧電体結晶の電圧印加前後の分極状態の模式図。

【図 3】分極処理前、分極処理後及び 300 [ ] を超える熱履歴を与えた後の圧電体の電界強度と分極量との関係を示すヒステリシス曲線。

【図 4】本発明の一実施形態に係る電気機械変換素子の断面図。

【図 5】同電気機械変換素子の構成の説明図であって、( a )は断面図、( b )は上面図

50

【図 6】エージング処理用電極をアースに接地し、導体プレートを用いて放電し電荷注入する説明図。

【図 7】分極処理の説明図。

【図 8】分極率を説明するグラフであって、(a) は分極処理を行っていないものについてヒステリシスループ、(b) は分極処理を行ったものについてヒステリシスループ。

【図 9】酸化チタン膜と白金膜とを成膜したシリコン基板上に、 $\text{SrRuO}_3$  膜を成膜した試料の X 線回折測定結果を示すグラフ。

【図 10】液滴吐出ヘッドの構成の一例を示す断面図。

【図 11】実施例 1 により作製した電気機械変換膜、第 2 の駆動電極をエッチングにより個別化した状態の説明図であって、(a) は断面図、(b) は上面図。

【図 12】実施例 1 によりウェハに形成した個別電極接続用開口部等の説明図。

【図 13】分極処理装置の斜視図。

【図 14】導体プレートを用いて電気機械変換素子に電荷を注入する構成の説明図であって、(a) は上面図、(b) は断面図。

【図 15】比較例 1 により作成した電気機械変換素子の説明図。

【図 16】実施例 1, 2 及び比較例 1, 2 とによりそれぞれ作製した電気機械変換素子を比較したグラフ。

【図 17】ウェハからの電気機械変換素子の切断方法について説明する説明図であり、(a) は上面図、(b) は断面図。

【図 18】ウェハからの電気機械変換素子の他の切断方法について説明する説明図であり、(a) は上面図、(b) はハーフカット後の断面図、(c) は完全にカットした後の断面図。

【図 19】本実施形態に係る液滴吐出装置の構成の一例を示す斜視図。

【図 20】同液滴吐出装置の側面図。

【図 21】変形例 1 に係る電気機械変換素子の上面図。

【図 22】同変形例に係る電気機械変換素子に導体プレートを用いて電荷を注入する構成の説明図であって、(a) は上面図、(b) は断面図。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下に、発明を実施するための形態について図面を用いて説明するが、本発明はこれらの例によって限定されるものではない。

本実施形態では、本発明の電気機械変換素子の製造方法の一例及びそれにより得られる電気機械変換素子について説明する。

【0012】

まず、本実施形態に係る電気機械変換素子の構成例について説明する。

図 4 は、本実施形態に係る電気機械変換素子を模式的に示した断面図である。図 4 に示すように、電気機械変換素子（圧電素子）30 は、基板 31、成膜振動板（下地膜）32 上に、第 1 の駆動電極 33、第 2 の駆動電極 35 が積層された構造となっている。

【0013】

さらに絶縁保護膜、引き出し配線を備えた電気機械変換素子の構成について、図 5 を用いて説明する。図 5 (a) は断面図、図 5 (b) は上面図であり、図 5 (b) については圧電素子の構成が分かるように、一部の部材について第 2 の絶縁保護膜を透視して記載している。

【0014】

図 5 に示す電気機械変換素子においては、図 4 の場合と同様に、基板 31、成膜振動板 32 上に、第 1 の駆動電極 33、電気機械変換膜 34、第 2 の駆動電極 35 が積層されている。そして、電気機械変換膜 34、第 2 の駆動電極 35 は、第 2 の駆動電極を形成後にエッチングにより個別化されている。そして、第 2 の駆動電極は個別電極として機能し、第 1 の駆動電極 33 は、個別化された電気機械変換膜 34、第 2 の駆動電極 35 に対して共通電極として機能している。

## 【 0 0 1 5 】

第 1 の駆動電極 3 3、第 2 の駆動電極 3 5 上には、図 5 ( b ) に示すようにコンタクトホール 4 5 を有する第 1 の絶縁保護膜 4 1 が設けられている。このコンタクトホール 4 5 は、第 1 の駆動電極 3 3、第 2 の駆動電極 3 5 と、後述する第 1 の配線 4 2、第 2 の配線 4 3 とがそれぞれ電氣的に接続できるように設けられたものである。そして、第 1 の絶縁保護膜 4 1 上には、第 1 の配線 4 2、第 2 の配線 4 3 が設けられており、上記のように第 1 の絶縁保護膜 4 1 に設けられたコンタクトホール 4 5 を介して、それぞれが第 1 の駆動電極 3 3、第 2 の駆動電極 3 5 と導通している。

## 【 0 0 1 6 】

さらに、第 1 の駆動電極 3 3 及びこれに導通する第 1 の配線 4 2 を共通電極、第 2 の駆動電極 3 5 及びこれに導通する第 2 の配線 4 3 を個別電極として、共通電極、個別電極を保護する第 2 の絶縁保護膜 4 4 が形成されている。この第 2 の絶縁保護膜 4 4 は、第 1 の配線 4 2、第 2 の配線 4 3 上 ( さらに第 1 の絶縁保護膜 4 1 上 ) に形成されている。また、第 2 の絶縁保護膜 4 4 には複数の開口部 4 8、4 9 が設けられ第 1 の端子電極としての共通電極用パッド 4 6、及び第 2 の端子電極としての個別電極用パッド 4 7 が露出している。さらに、第 2 の絶縁保護膜 4 4 にはエージング処理用開口部 5 0 が設けられており、第 2 の配線 4 3 同士を導通させた集合電極としてのエージング処理用電極 5 1 が露出している。

## 【 0 0 1 7 】

前記複数のパッドのうち、共通電極用に作製されたもの、すなわち共通電極に接続されたものを共通電極用パッド 4 6、個別電極用に作製されたもの、すなわち個別電極に接続されたものを個別電極用パッド 4 7 としている。これらのパッドは上述したように例えば第 2 の絶縁保護膜 4 4 に開口部 4 8、4 9 を設けることにより外部に露出させることができる。

## 【 0 0 1 8 】

以上に説明した構成を有する電気機械変換素子は、以下の各工程 ( 1 ) ~ ( 8 ) を行うことにより製造することができる。

( 1 ) 基板 3 1 または下地膜 ( 成膜振動板 ) 3 2 上に、第 1 の駆動電極 3 3 を形成する工程。ここで、第 1 の駆動電極 3 3 は、後述のように密着層を含むこともできる。

( 2 ) 第 1 の駆動電極 3 3 上に電気機械変換膜 3 4 を形成する工程。

( 3 ) 電気機械変換膜 3 4 上に第 2 の駆動電極 3 5 を形成する工程。

( 4 ) 電気機械変換膜 3 4 及び第 2 の駆動電極 3 5 をエッチングにより個別化する工程。この工程を行うことにより、第 2 の駆動電極 3 5 を個別電極とし、第 1 の駆動電極 3 3 は個別化された電気機械変換膜 3 4、第 2 の駆動電極 3 5 に対して共通電極として機能するようになる。

( 5 ) 第 1 の駆動電極 3 3 及び第 2 の駆動電極 3 5 上に第 1 の絶縁保護膜 4 1 を形成する工程。この工程の際、第 1 の駆動電極 3 3、第 2 の駆動電極 3 5 と、後述する第 1 の配線 4 2、第 2 の配線 4 3 とをそれぞれ電氣的に接続するため、第 1 の絶縁保護膜 4 1 にコンタクトホール 4 5 を形成することができる。

( 6 ) 第 1 の駆動電極 3 3 及び第 2 の駆動電極 3 5 にそれぞれ電氣的に接続された第 1 の配線 4 2 及び第 2 の配線 4 3 を第 1 の絶縁保護膜 4 1 上に形成する工程。

( 7 ) 第 1 の配線 4 2 及び第 2 の配線 4 3 上に第 1 の配線 4 2 または第 2 の配線 4 3 に接続するための複数の端子電極としてのパッド 4 6、4 7 及びエージング処理用電極 5 1 を形成する工程。

( 8 ) 第 1 の配線 4 2 及び第 2 の配線 4 3 上に第 2 の絶縁保護膜 4 4 を形成する工程。ここで、第 1 の配線 4 2 と第 2 の配線 4 3 とは、上記工程の中で別のプロセスとして製造することもできるが、同一プロセス中に形成されることが生産性の観点から好ましい。

## 【 0 0 1 9 】

また、複数のパッド ( 共通電極用パッド 4 6、個別電極用パッド 4 7 ) は第 2 の絶縁保護膜 4 4 に開口部 4 8、4 9 を設けることにより外部に露出させることができる。同様に

、エージング処理用電極 5 1 は第 2 の絶縁保護膜 4 4 にエージング処理用開口部 5 0 を設けることにより外部に露出させることができる。

#### 【 0 0 2 0 】

本実施形態に係る電気機械変換素子 3 0 の製造方法では、図 6 に示すように、エージング処理用電極 5 1 をアースに接地し、導電性部材としての導体プレート 2 0 をウェハ上の共通電極用パッド 4 6 に接続させて、その部分にコロナ放電もしくはグロー放電を行う。この放電により、 $1.0 \times 10^{-8}$  [ C ] 以上の電荷量を発生させ、前記パッドを介して、発生した電荷を注入することにより、電気機械変換素子 3 0 における電気機械変換膜 3 4 の分極処理を行う。

#### 【 0 0 2 1 】

上記分極処理を行う工程においては、コロナ放電もしくはグロー放電によって、上記所定量以上の電荷量を発生させ、発生した電荷を共通電極用パッド 4 6 を介して電気機械変換膜 3 4 に注入するものである。この際、コロナ放電またはグロー放電により発生した電荷が負帯電していることが好ましい。

#### 【 0 0 2 2 】

例えば、図 7 に示すように放電電極としてのコロナワイヤー 5 2 を用いてコロナ放電させる場合には、大気中の分子をイオン化させることで、陽イオンを発生させる。この陽イオンは、ステージ 5 3 上に設置された電気機械変換素子 3 0 のエージング処理用電極 5 1 を介して、電気機械変換素子 3 0 に流れ込んで正極性の電荷が蓄積され、電気機械変換膜 3 4 の分極処理が行われる。本実施形態では第 1 の駆動電極 3 3 に電荷を注入するため、極性を逆にして陰イオンを発生し注入している。また、コロナワイヤー 5 2 に加えてグリッド電極を設けてコロナ放電をしてもよい。

#### 【 0 0 2 3 】

ここで、分極処理に必要な電荷量  $Q$  を考えると  $1.0 \times 10^{-8}$  [ C ] 以上の電荷量が蓄積される（発生させる）ことが好ましく、 $4.0 \times 10^{-8}$  [ C ] 以上の電荷量が蓄積される（発生させる）ことがさらに好ましい。電荷量  $Q$  が上記の値に満たない場合は、電気機械変換膜（例えば P Z T 膜）3 4 の分極処理が十分に行えない場合があり、圧電アクチュエータとして連続駆動後の変位劣化について十分な特性が得られない場合があるためである。

#### 【 0 0 2 4 】

上記分極処理の状態については、P - E ヒステリシスループから判断することができる。

#### 【 0 0 2 5 】

図 8 ( a ) は図 2 で説明した分極処理を行っていないものについてヒステリシスループを測定したものであり、図 8 ( b ) は分極処理を行ったものについてヒステリシスループを測定したものである。

#### 【 0 0 2 6 】

図 8 ( a )、( b ) に示すように  $\pm 150$  [ k V / c m ] の電界強度をかけてヒステリシスループを測定する。最初の 0 [ k V / c m ] 時の分極を  $P_{ini}$  とし、 $+150$  [ k V / c m ] の電圧印加後 0 [ k V / c m ] まで戻したときの 0 [ k V / c m ] 時の分極を  $P_r$  とする。

#### 【 0 0 2 7 】

このとき、 $P_r$  と  $P_{ini}$  との差、すなわち  $P_r - P_{ini}$  の値を分極率として定義し、この分極率から分極状態の良し悪しを判断することができる。ここで図 8 ( b ) に示したように、分極率  $P_r - P_{ini}$  は  $10$  [  $\mu C / c m^2$  ] 以下となっていることが好ましく、 $5$  [  $\mu C / c m^2$  ] 以下となっていることがさらに好ましい。これは、この値に満たない電気機械変換膜（例えば P Z T 膜）3 4 を用いて圧電アクチュエータを形成した場合、連続駆動後の変位劣化について十分な特性が得られない場合があるためである。

#### 【 0 0 2 8 】

すなわち、上記した製造方法により得られた電気機械変換素子 3 0 は、 $\pm 150$  [ k V

10

20

30

40

50

/ cm] の電界強度をかけてヒステリシスループを測定する。測定開始時の 0 [ k V / c m ] における分極を  $P_{ini}$  とし、+ 1 5 0 [ k V / c m ] の電圧印加後、0 [ k V / c m ] まで戻した際の 0 [ k V / c m ] 時の分極を  $P_r$  とする。この場合に、 $P_r$  と  $P_{ini}$  との差が 1 0 [  $\mu C / c m^2$  ] 以下であることが好ましく、5 [  $\mu C / c m^2$  ] 以下であることがより好ましい。

#### 【 0 0 2 9 】

また、上記した製造方法により得られた電気機械変換素子 3 0 は、電気機械変換膜 3 4 の比誘電率が 6 0 0 以上 2 0 0 0 以下であることが好ましい。

#### 【 0 0 3 0 】

以下に、本実施形態の電気機械変換素子を構成する材料、工法について具体的に説明する。

#### 【 0 0 3 1 】

( 基板 )

基板 3 1 としてはその材質は特に限定されるものではないが、シリコン単結晶基板を用いることが好ましい。そして、その厚さとしては、1 0 0 ~ 6 0 0 [  $\mu m$  ] の厚みを持つことが好ましい。

#### 【 0 0 3 2 】

シリコン単結晶基板の面方位としては、( 1 0 0 )、( 1 1 0 )、( 1 1 1 ) の 3 種類があるが、半導体産業では一般的に ( 1 0 0 )、( 1 1 1 ) が広く使用されている。本構成においては、( 1 0 0 ) の面方位をもつシリコン単結晶基板を好ましく使用することができる。また、本実施形態における電気機械変換素子 3 0 においては、( 1 1 0 ) 面方位をもった単結晶基板も好ましく用いることができる。

#### 【 0 0 3 3 】

基板 3 1 に図 1 に示した圧力室を作製する場合、一般的にエッチングを利用してシリコン単結晶基板の加工が行われるが、この場合のエッチング方法としては、異方性エッチングを用いることが一般的である。

#### 【 0 0 3 4 】

異方性エッチングとは結晶構造の面方位に対してエッチング速度が異なる性質を利用したものである。例えば、K O H 等のアルカリ溶液に浸漬させた異方性エッチングでは、( 1 0 0 ) 面に比べて ( 1 1 1 ) 面は約 1 / 4 0 0 程度のエッチング速度となる。従って、面方位 ( 1 0 0 ) では約 5 4 [  $^{\circ}$  ] の傾斜を持つ構造体を作製できるのに対して、面方位 ( 1 1 0 ) では深い溝を掘ることができるため、より剛性を保ちつつ、配列密度を高くすることができる。このため、異方性エッチングを利用して圧力室等を作製する場合、( 1 1 0 ) の面方位を有するシリコン単結晶基板を使用することも可能である。ただし、この場合には、マスク材である  $S i O_2$  もエッチングされてしまうおそれがあるため、これに留意して利用することが望ましい。

#### 【 0 0 3 5 】

( 下地膜 ( 振動板 ) )

図 1 に示すように電気機械変換膜 1 3 によって発生した力を受けて、下地膜 ( 振動板 ) 1 7 が変形変位して、加圧室 1 2 のインク滴を吐出させる。そのため、下地膜 1 7 としては所定の強度を有したものであることが好ましい。

#### 【 0 0 3 6 】

下地膜 1 7 を構成する材料としては変形変位して加圧室 1 2 のインク滴を吐出できるのであればよく、要求される耐久性等に応じて任意に選択することができるが、例えば、 $S i$ 、 $S i O_2$ 、 $S i_3 N_4$  を用いることができる。これらの材料を用いる場合、C V D ( C h e m i c a l V a p o r D e p o s i t i o n ) 法により作製することができる。

#### 【 0 0 3 7 】

また、下地膜 ( 振動板 ) 1 7 としては、第 1 の駆動電極 ( 下部電極 ) 1 5、電気機械変換膜 1 3 の線膨張係数に近い材料を選択することが好ましい。特に、電気機械変換膜 1 3

10

20

30

40

50

としては、一般的に材料としてPZTが使用されることから、PZTの線膨張係数 $8 \times 10^{-6}$  [1/K]に近い線膨張係数を有するものが好ましい。具体的には、 $5 \times 10^{-6}$  [1/K]以上 $10 \times 10^{-6}$  [1/K]以下の範囲の線膨張係数を有した材料であることが好ましく、さらには $7 \times 10^{-6}$  [1/K]以上 $9 \times 10^{-6}$  [1/K]以下の範囲の線膨張係数を有した材料がより好ましい。

#### 【0038】

この場合、具体的な材料としては、酸化アルミニウム、酸化ジルコニウム、酸化イリジウム、酸化ルテニウム、酸化タンタル、酸化ハフニウム、酸化オスミウム、酸化レニウム、酸化ロジウム、酸化パラジウム及びそれらの化合物等が挙げられる。これらの材料をスパッタ法もしくは、ゾルゲル法を用いてスピンコーターにて作製することができる。

10

#### 【0039】

膜厚としては特に限定されるものではないが、 $0.1$  [μm]以上 $10$  [μm]以下の範囲が好ましく、 $0.5$  [μm]以上 $3$  [μm]以下の範囲がさらに好ましい。この範囲より小さいと図1に示すような加圧室12の加工が難しい場合があり、この範囲より大きいと下地膜17が変形変位しにくくなり、インク滴の吐出が不安定になる場合があるためである。

#### 【0040】

(第1の駆動電極)

例えば図1に示す、第1の駆動電極15としては特に限定されるものではないが、金属または金属と酸化物とからなっていることが好ましい。具体的には、第1の駆動電極15としては例えば、金属電極膜から構成することができる。また、金属電極膜と酸化物電極膜とから構成することもできる。

20

#### 【0041】

第1の駆動電極15がいずれの材料からなる場合でも、振動板17と金属膜との間に密着層を形成し、剥がれ等を抑制するように工夫することが好ましい。以下に密着層を含めて金属電極膜、酸化物電極膜の詳細について記載する。

#### 【0042】

密着層としては、例えば、金属膜を成膜後、RTA (Rapid Thermal Annealing) 装置を用いて、RTA法により酸化(熱酸化)して酸化膜とすることにより得ることができる。酸化(熱酸化)を行う際の条件としては特に限定されるものではなく、用いる金属膜の材質等により選択することができる。例えば、 $650 \sim 800$  [°C]で、 $1 \sim 30$  分間、 $O_2$  雰囲気中で金属膜を熱酸化することにより形成することができる。

30

#### 【0043】

金属膜は例えばスパッタ法により成膜することができる。金属膜の材料としてはTi、Ta、Ir、Ru等の材料を好ましく用いることができ、中でもTiを好ましく用いることができる。

#### 【0044】

金属酸化物膜は反応性スパッタにより作製してもよいが、金属膜の高温による熱酸化法が望ましい。これは、反応性スパッタにより作製する場合、例えばシリコン基板などの基板も一緒に高温で加熱する必要があるため、特別なスパッタチャンバ構成を必要となり、コスト上好ましくないためである。また、一般の炉による酸化よりも、RTA装置による酸化の方が金属酸化物膜の結晶性が良好になることが挙げられる。これは、チタン膜を例に説明すると、通常の加熱炉による酸化によれば、酸化しやすいチタン膜は、低温においてはいくつもの結晶構造を作るため、一旦、それを壊す必要が生じる。これに対して、昇温速度の速いRTA法による酸化ではそのような過程を経る必要がなく、良好な結晶を形成することが可能になる。

40

#### 【0045】

密着層の膜厚としては、特に限定されるものではないが、 $10$  [nm]以上 $50$  [nm]以下の範囲が好ましく、 $15$  [nm]以上 $30$  [nm]以下の範囲がさらに好ましい。

50

膜厚が上記範囲よりも薄い場合においては、振動板、第1の駆動電極との密着性が悪くなる場合がある。また、膜厚が上記範囲よりも厚いとその上に作製する第1の駆動電極の膜の結晶の質に影響が出てくる場合がある。このため、上記範囲を選択することが好ましい。

#### 【0046】

金属電極膜の金属材料としては従来から高い耐熱性と低い反応性を有する白金を用いることができる。なお、白金は鉛に対して十分なバリア性を有しない場合があるため、イリジウム、白金-ロジウムなどの白金族元素や、これら合金も用いることができる。

#### 【0047】

また、金属電極膜の金属材料として白金を使用する場合には、下地（特に $\text{SiO}_2$ ）との密着性が悪いために、上記密着層を先に積層することが好ましい。

10

#### 【0048】

金属電極膜の作製方法としては特に限定されるものではないが、例えばスパッタ法や真空蒸着等の真空成膜を用いることができる。

#### 【0049】

金属電極膜の膜厚としては要求される性能に応じて選択すればよく、限定されるものではないが、例えば $80[\text{nm}] \sim 200[\text{nm}]$ であることが好ましく、 $100[\text{nm}] \sim 150[\text{nm}]$ であることがより好ましい。上記範囲より薄い場合においては、共通電極として十分な電流を供給することができない場合があり、インク吐出をする際に不具合が発生する場合があるため好ましくない。また、上記範囲より厚い場合、特に金属電極膜の金属材料として白金族元素の高価な材料を使用する場合においては、コスト上問題となる点が挙げられる。また、特に金属材料として白金を用いた場合、膜厚を厚くしていたときに表面粗さが大きくなる。すると、その上に作製する膜（例えば酸化物電極膜や電気機械変換膜）の表面粗さや結晶配向性に影響を及ぼして、インク吐出に十分な変位が得られないような不具合が発生する場合がある。

20

#### 【0050】

酸化物電極膜の材料としては、ルテニウム酸ストロンチウム（ $\text{SrRuO}_3$ 、以下単に「 $\text{SRO}$ 」とも記載する。）を用いることが好ましい。また、ルテニウム酸ストロンチウムの一部を置換した材料、具体的には、 $\text{Sr}_x\text{A}_{1-x}\text{Ru}_y\text{B}_{1-y}\text{O}_3$ （式中、 $\text{A}$ は $\text{Ba}$ 、 $\text{Ca}$ 、 $\text{B}$ は $\text{Co}$ 、 $\text{Ni}$ 、 $x, y = 0 \sim 0.5$ ）で表される材料についても好ましく用いることができる。

30

#### 【0051】

酸化物電極膜の成膜方法については例えばスパッタ法により作製することができる。スパッタ条件については限定されるものではないが、スパッタ条件によって酸化物膜の膜質が変化するため、要求される結晶配向性等により選択することができる。

#### 【0052】

例えば、後述する電気機械変換膜34は、連続動作したときの変位特性劣化を抑えるためにはその結晶性としては（111）面方位に配向していることが好ましい。このような電気機械変換膜34を得るためには、その下層に配置した酸化物電極膜についても（111）面方位に配向していることが好ましい。このため、酸化物電極膜は（111）面方位に優先配向していることが好ましい。

40

#### 【0053】

そして、酸化物電極膜について（111）面方位に優先配向した膜を得るために、 $500[^\circ\text{C}]$ 以上に基板加熱を行い、これにスパッタ法により酸化物電極膜を成膜することが好ましい。

#### 【0054】

また、酸化物電極膜の下層に金属電極膜を設ける場合、該金属電極膜は白金膜からなることが好ましい。また、その面方位として、（111）面方位に配向していることが好ましい。これは、その上に成膜する酸化物電極膜についても（111）面方位に優先配向したものが得やすくなるためである。

50

## 【0055】

例えば特許文献4には、SRO膜の成膜条件として、SROを室温で成膜後、RTA処理にて結晶化温度で熱酸化するとされている。この場合、SRO膜としては、十分結晶化され、電極としての比抵抗としても十分な値が得られるが、膜の結晶配向性としては、(110)が優先配向しやすくなり、その上に例えばPZT膜を成膜した場合、このPZT膜についても(110)配向しやすくなる。このため、本実施形態においてSRO膜を形成する場合には、上記成膜条件により成膜することが好ましい。

## 【0056】

ここで、例えば金属電極膜として(111)面方位に配向した白金膜を用い、その上に酸化物電極膜であるSrRuO<sub>3</sub>膜を作製した場合に、酸化物電極の結晶性をX線回折測定により評価する方法について説明する。

10

## 【0057】

PtとSrRuO<sub>3</sub>とは格子定数が近いので、通常のX線回折測定における2 $\theta$ 測定では、SRO膜の(111)面とPtの(111)面の2 $\theta$ 位置が重なってしまい判別が難しい。しかし、Ptについては消滅則の関係から $\psi = 35^\circ$ に傾けた場合、2 $\theta$ が約32 $^\circ$ 付近の位置では回折線が打ち消し合い、Ptの回折強度が見られなくなる。そのため、 $\psi$ 方向を約35 $^\circ$ 傾けて、2 $\theta$ が約32 $^\circ$ 付近のピーク強度で判断することでSROが(111)面方位に優先配向しているかを確認することができる。

## 【0058】

20

図9に、シリコン基板上に、密着層として酸化チタン膜を成膜した後、(111)面方位に配向している白金膜を成膜し、その上に基板を例えば550 $^\circ\text{C}$ に加熱しながら、スパッタ法によりSrRuO<sub>3</sub>膜を成膜した試料のX線回折測定結果を示す。

## 【0059】

図9においては、2 $\theta = 32^\circ$ に固定し、 $\psi$ を変化させたときのデータを示している。 $\psi = 0^\circ$ ではSROの(110)面の回折線はほとんど回折強度が見られず、 $\psi = 35^\circ$ 付近において、回折強度が見られることから、この測定方法によりSROが(111)面方位に優先配向していることが確認できる。また、この結果から、本成膜条件にて作製したものについては、SROが(111)面方位に優先配向していることを確認できた。

30

## 【0060】

また、上述記載のSRO膜を室温で成膜後、RTA処理することにより作製されたSRO膜について同様に評価を行ったところ、 $\psi = 0^\circ$ のときにSRO(110)の回折強度が見られた。

## 【0061】

圧電アクチュエータとして連続動作したときに、駆動させた後の変位量が、初期変位に比べてどのくらい劣化したかを見積もった。この見積もりによれば、電気機械変換膜(例えばPZT膜)34の配向性が非常に影響しており、(110)では変位劣化抑制において不十分な場合がある。このため、上述のように酸化物電極膜は(111)面方位に配向していることが好ましい。

40

## 【0062】

酸化物電極に用いるSrRuO<sub>3</sub>膜の表面粗さは4[nm]以上、15[nm]以下であることが好ましく、6[nm]以上、10[nm]以下であることがさらに好ましい。なお、ここでの表面粗さについてはAFMにより測定される表面粗さ(平均粗さ)を意味している。

## 【0063】

SrRuO<sub>3</sub>膜の表面粗さは成膜温度に影響し、室温から300 $^\circ\text{C}$ に基材を加熱して成膜した場合、表面粗さが非常に小さく2[nm]以下になる。この場合、表面粗さとしては、非常に小さくフラットになっているが、SrRuO<sub>3</sub>膜の結晶性は十分でない場合がある。この様にSrRuO<sub>3</sub>膜の結晶性が十分でない場合、その後に成膜する電気機

50

械変換膜（例えばPZT膜）を有する圧電アクチュエータが初期変位や連続駆動後の変位劣化について十分な特性が得られなくなる。

【0064】

そこで、成膜条件からみて、 $\text{SrRuO}_3$ 膜の結晶性を悪化させずに得られる表面粗さを検討したところ上記範囲となることから、上記範囲を有することが好ましい。

【0065】

上記範囲からはずれた場合、 $\text{SrRuO}_3$ 膜の結晶性を悪化する場合があり、その後成膜する電気機械変換膜の絶縁耐圧が悪化し、リークしやすくなる場合があるため好ましくない。

【0066】

そして、上述のような、結晶性や表面粗さを有する $\text{SrRuO}_3$ 膜を得るためには、成膜条件（温度）としては500[ ]～700[ ]、好ましくは520[ ]～600[ ]の範囲に基板を加熱して、スパッタ法により成膜することが好ましい。

【0067】

成膜後のSrとRuの組成比については特に限定されるものではなく、要求される導電性等により選択されるが、 $\text{Sr}/\text{Ru}$ が0.82以上、1.22以下であることが好ましい。これは、上記範囲から外れると比抵抗が大きくなり、電極として十分な導電性が得られなくなる場合があるためである。

【0068】

さらに、酸化物電極としてSRO膜の膜厚としては、40[nm]以上、150[nm]以下であることが好ましく、50[nm]以上、80[nm]以下であることがさらに好ましい。上記膜厚範囲よりも薄いと初期変位や連続駆動後の変位劣化については十分な特性が得られない場合がある。また、電気機械変換膜のオーバーエッチングを抑制するためのストップエッチング層としての機能も得られにくくなる。さらに、上記膜厚範囲を超えると、その後成膜したPZTの絶縁耐圧が悪くなり、リークしやすくなる場合があるためである。

【0069】

酸化物電極の比抵抗としては、 $5 \times 10^{-3}$  [  $\Omega \cdot \text{cm}$  ] 以下になっていることが好ましく、さらに $1 \times 10^{-3}$  [  $\Omega \cdot \text{cm}$  ] 以下になっていることがさらに好ましい。この範囲よりも大きくなると第1の配線との界面で接触抵抗が十分得られず、共通電極として十分な電流を供給することができず、インク吐出をする際に不具合が発生する場合があるためである。

【0070】

（電気機械変換膜）

電気機械変換膜34としては、圧電性を有する材料であれば使用することができ、特に限定されるものではない。例えば、広く用いられているPZTを好ましく使用することができる。なお、PZTとは、ジルコン酸鉛（ $\text{PbZrO}_3$ ）とチタン酸鉛（ $\text{PbTiO}_3$ ）の固溶体で、その比率により特性が異なるが、その比率についても限定されるものではなく、要求される圧電性能等に応じて選択することができる。中でも $\text{PbZrO}_3$ と $\text{PbTiO}_3$ の比率（モル比）が53：47の割合で、化学式で示すと $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.53}, \text{Ti}_{0.47})\text{O}_3$ で表わされるPZT（PZT（53/47）とも示される）は、特に優れた圧電特性を示すことから好ましく用いることができる。

【0071】

PZT以外の材料として、チタン酸バリウムも用いることができる。この場合はバリウムアルコキシド、チタンアルコキシド化合物を出発材料にし、共通溶媒に溶解させることでチタン酸バリウム前駆体溶液を作製することも可能である。

【0072】

また、上記PZTや、チタン酸バリウムは一般式 $\text{ABO}_3$ で表わされる。PZT、チタン酸バリウム以外にも $\text{ABO}_3$ （ $\text{A} = \text{Pb}, \text{Ba}, \text{Sr}, \text{B} = \text{Ti}, \text{Zr}, \text{Sn}, \text{Ni}, \text{Zn}, \text{Mg}, \text{Nb}$ ）で表わされる複合酸化物を主成分とする複合酸化物を用いることがで

10

20

30

40

50

きる。

【0073】

さらに、 $(Pb_{1-x}, Ba_x)(Zr, Ti)O_3$ 、 $(Pb_{1-x}, Sr_x)(Zr, Ti)O_3$  の様に A サイトの Pb を一部 Ba や Sr で置換した複合酸化物も使用することができる。置換に用いる元素としては 2 価の元素であれば可能であり、Pb の一部を 2 価の元素で置換することにより電気機械変換膜を成膜する際に熱処理を行った場合に鉛の蒸発による特性劣化を低減させる効果がある。

【0074】

電気機械変換膜 34 の作製方法としては、特に限定されるものではないが、例えばスパッタ法や、ゾルゲル法を用いてスピコートにて作製することができる。そして、成膜後、フォトリソグラフィ技術とエッチング技術とを用いるパターン形成方法（以下、「リソエッチ法」という。）等によりパターニングを行い、所望のパターンを得ることができる。

10

【0075】

PZT からなる電気機械変換膜 34 をゾルゲル法により作製する場合を例に説明する。

酢酸鉛、ジルコニウムアルコキシド、チタンアルコキシド化合物を出発材料とし、共通溶媒としてメトキシエタノールを用い、上記出発原料が所定比になるように共通溶液に溶解させ均一溶液とすることで、PZT 前駆体溶液を作製する。なお、金属アルコキシド化合物は大気中の水分により容易に加水分解してしまうので、前駆体溶液に安定剤としてアセチルアセトン、酢酸、ジエタノールアミンなどの安定化剤を適量、添加しておくこともできる。また、鉛成分は成膜工程で熱処理を行う際に蒸発することがあるので、量論比よりも多めに添加しておくこともできる。

20

【0076】

下地基板全面に PZT 膜を得る場合、スピコートなどの溶液塗布法により塗膜を形成し、溶媒乾燥、熱分解、結晶化の各々の熱処理を施すことで PZT 膜を得ることができる。塗膜から結晶化膜への変態には体積収縮が伴うので、クラックのない膜を得るには一度の工程で 100 [nm] 以下の膜厚が得られるように前駆体濃度の調整を行うことが好ましく、成膜工程を繰り返し行うことで所望の膜厚の PZT 膜を得ることができる。

【0077】

なお、チタン酸バリウム膜の場合であれば、例えば、バリウムアルコキシド、チタンアルコキシド化合物を出発材料にし、共通溶媒に溶解させることでチタン酸バリウム前駆体溶液を作製する。そして、これを用いて例えば上記 PZT の場合と同様の手順でゾルゲル法により成膜することが可能である。

30

【0078】

電気機械変換膜 34 の膜厚としては限定されるものではなく、要求される圧電特性に応じて選択すればよいが、0.5 [μm] 以上、5 [μm] 以下であることが好ましく、1 [μm] 以上、2 [μm] 以下であることがより好ましい。これは、上記範囲より薄いと圧電アクチュエータとして使用する際に十分な変位を発生することができない場合があるためである。また、上記範囲より厚いと、その製造工程において何層も積層させて成膜するため、工程数が多くなりプロセス時間が長くなるためである。

40

【0079】

また、電気機械変換膜 34 の比誘電率としては 600 以上、2000 以下になっていることが好ましく、さらに 1200 以上、1600 以下になっていることがより好ましい。比誘電率が係る範囲より小さいと、圧電アクチュエータとして使用する際に十分な変位特性が得られない場合がある。また、比誘電率が係る範囲より大きくなると、分極処理が十分行われず、連続駆動後の変位劣化については十分な特性が得られないといった不具合が発生する場合がある。

【0080】

（第 2 の駆動電極）

第 2 の駆動電極 35 としては特に限定されるものではないが、金属または酸化物と金属

50

からなっていることが好ましい。具体的には、第2の駆動電極35としては例えば、金属電極膜から構成することができる。また、金属電極膜と酸化物電極膜から構成することもできる。

#### 【0081】

以下に酸化物電極膜、金属電極膜の詳細について記載する。

酸化物電極膜の材料等については、第1の駆動電極の酸化物電極膜で説明したものと同様である。酸化物電極膜の膜厚としては、20[nm]以上、80[nm]以下が好ましく、40[nm]以上、60[nm]以下がより好ましい。これは、この膜厚範囲よりも薄い初期変位や変位劣化特性については十分な特性が得られない場合があり、この範囲を超えると、電気機械変換膜の絶縁耐圧が非常に悪くなり、リークしやすくなる場合があるためである。

10

#### 【0082】

金属電極膜の材料等については第1の駆動電極の金属電極膜で説明したものと同様である。金属電極膜の膜厚としては、30[nm]以上200[nm]以下が好ましく、50[nm]以上120[nm]以下がさらに好ましい。これは、この膜厚範囲より薄い個別電極として十分な電流を供給することができなくなり、インク吐出をする際に不具合が発生する場合があるためである。また、この膜厚範囲より厚い場合においては、金属電極膜の材料として白金族元素の高価な材料を使用する場合においては、コストアップとなる点で問題である。また、白金を材料とした場合においては、膜厚を厚くしていったときに表面粗さが大きくなり、第1の絶縁保護膜を介して第2の配線を作製する際に、膜剥がれ等の不具合が発生しやすくなる場合があるためである。

20

#### 【0083】

(第1の絶縁保護膜)

第1の絶縁保護膜41は、成膜・エッチングの工程による圧電素子へのダメージを防ぐとともに、大気中の水分が透過することを防止する機能を有することが好ましい。このため、その材料としては緻密な無機材料とすることが好ましい。有機材料の場合、十分な保護性能を得るためには膜厚を厚くする必要があるが、絶縁膜を厚い膜とした場合、振動板の振動変位を阻害し、吐出性能の低い液滴吐出ヘッドとなる場合があるためである。

#### 【0084】

薄膜で高い保護性能を得るには、酸化物、窒化物、炭化物の薄膜を用いることが好ましいが、絶縁膜の下地となる、電極材料、電気機械変換膜材料、振動板材料と密着性が高い材料を選定することが好ましい。具体的には、第1の絶縁保護膜41としては例えば、アルミナ膜、シリコン酸化膜、窒化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜から選択される少なくとも1種の無機膜からなることが好ましい。より具体的には、 $Al_2O_3$ 、 $ZrO_2$ 、 $Y_2O_3$ 、 $Ta_2O_3$ 、 $TiO_2$ などのセラミクス材料に用いられる酸化膜が例として挙げられる。これらの膜は、密着性がよく、膜が硬く、しかも耐摩耗性やコストパフォーマンスに優れている。

30

#### 【0085】

また、第1の絶縁保護膜41の成膜法も圧電素子を損傷する可能性が低い成膜方法であることが好ましい。例えば、蒸着法、原子層堆積(ALD: Atomic Layer Deposition)法などを好ましく用いることができ、使用できる材料の選択肢が広いALD法をより好ましく用いることができる。特にALD法を用いることで、膜密度の非常に高い薄膜を作製することができ、プロセス中でのダメージを抑制することが可能になる。

40

#### 【0086】

そして、反応性ガスをプラズマ化して基板上に堆積するプラズマCVD法やプラズマをターゲット材に衝突させて飛ばすことで成膜するスパッタリング法は圧電素子を損傷する可能性が蒸着法、ALD法に比べて高いため好ましくない。

#### 【0087】

第1の絶縁保護膜41の膜厚は、圧電素子を保護するために十分な厚さの薄膜であり、

50

かつ、振動板の変位を阻害しないように可能な限り薄いものであればよく、特に限定されるものではない。例えば、第1の絶縁保護膜の膜厚としては20[nm]~100[nm]の範囲であることが好ましい。100[nm]より厚い場合は、振動板の変位が低下するため、吐出効率の低い液滴吐出ヘッド(インクジェットヘッド)となる場合がある。一方、20[nm]より薄い場合は圧電素子の保護層としての機能が十分ではない場合があり、圧電素子の性能が低下する恐れがある。

【0088】

また、第1の絶縁保護膜41としてさらにもう1層設けて、2層にする構成も考えられる。この場合、例えば2層目の絶縁保護膜を厚くして振動板の振動変位を阻害しないように第2の駆動電極部付近において2層目の絶縁膜を開口するような構成としてもよい。

10

【0089】

2層目の絶縁保護膜としては、任意の酸化物、窒化物、炭化物またはこれらの複合化合物を用いることができる。例えば、半導体デバイスで一般的に用いられるSiO<sub>2</sub>を用いることができる。

【0090】

2層目の絶縁保護膜の成膜方法としては任意の手法を用いることができ、CVD法、スパッタリング法が挙げられる。電極形成部等のパターン形成部の段差被覆を考慮すると等方的に成膜できるCVD法を用いることが好ましい。

【0091】

2層目の絶縁保護膜の膜厚は、共通電極と個別電極配線との間に印加される電圧で絶縁破壊されないように選択することが好ましい。すなわち絶縁膜に印加される電界強度を、絶縁破壊しない範囲に設定することが好ましい。さらに、2層目の絶縁膜の下地の表面性やピンホール等を考慮すると膜厚は200[nm]以上であることが好ましく、500[nm]以上であることがさらに好ましい。

20

【0092】

(第1、第2の配線)

第1の配線42、第2の配線43は、第1の駆動電極33、前記第2の駆動電極35にそれぞれ電気的に接続されており、第1の絶縁保護膜41上に形成されている。

【0093】

第1の配線42、及び、第2の配線43の材質は特に限定されるものではなく、要求される性能等に応じて選択すればよいが、例えば、Ag合金、Cu、Al、Al合金、Au、Pt、Irから選択される少なくとも1種の金属からなることが好ましい。これらの金属は、基板上に低抵抗で耐久性のある電極を成膜することができる。

30

【0094】

第1の配線42、第2の配線43の作製方法としては、例えば、スパッタ法、スピンコート法を用いて作製し、その後、前述のリソエッチ法等により所望のパターンを得る方法を好ましく用いることができる。

【0095】

第1の配線42、第2の配線43の膜厚としては、0.1[μm]~20[μm]が好ましく、0.2[μm]~10[μm]がさらに好ましい。膜厚が上記範囲より小さいと抵抗が大きくなり電極に十分な電流を流すことができずに液滴吐出ヘッドとした場合に液滴の吐出が不安定になる場合がある。また、膜厚が上記範囲より大きいとプロセス時間が長くなり生産性の面で問題となる場合がある。

40

【0096】

また、第1の配線42のうち、開口部(コンタクトホール部)48から露出している部分が共通電極用パッド46となる。また、第2の配線43のうち、開口部(コンタクトホール部)49から露出している部分が個別電極用パッド47となる。これらのパッド46、47の開口部(コンタクトホール部、10[μm]×10[μm])48、49での接触抵抗は、共通電極用パッド46の接触抵抗としては10[ ]以下が好ましく、個別電極用パッド47の接触抵抗としては1[ ]以下が好ましい。さらに、共通電極用パッド

50

46の接触抵抗としては5[ ]以下、個別電極用パッド47の接触抵抗としては0.5[ ]以下であることがより好ましい。これは、上記各パッド46、47の開口部（コンタクトホール部）48、49での接触抵抗が上記範囲を超えると十分な電流を供給することができなくなり、液滴吐出ヘッドとした場合に、液滴の吐出をする際に不具合が発生する場合があるためである。

【0097】

また、第2の配線43と一体的にエージング処理用電極51を形成してもよい。このエージング処理用電極51は、第2の絶縁保護膜44に形成されたエージング処理用開口部50から露出している。また、エージング処理用電極51の接触抵抗としては1[ ]以下が好ましく、さらにエージング処理用電極51の接触抵抗としては0.5[ ]以下であることがより好ましい。これは、エージング処理用電極51での接触抵抗が上記範囲を超えると十分な電流を供給することができなくなり、分極処理時に、電気機械変換膜34に十分な電荷注入が行えないおそれがあるためである。

【0098】

（第2の絶縁保護膜）

第2の絶縁保護膜44は個別電極配線や共通電極配線の保護層の機能を有するパッシベーション層として機能するものである。

【0099】

図5(a)に示す通り、個別電極引き出し部と、図示しないが共通電極引き出し部を除き、個別電極と共通電極上を被覆する。このように第2の絶縁保護膜44を設けることにより、電極材料として安価なA1もしくはA1を主成分とする合金材料を用いることができる。その結果、低コストかつ信頼性の高いインクジェットヘッドとすることができる。

【0100】

第2の絶縁保護膜44の材料としては、任意の無機材料、有機材料を使用することができるが、透湿性の低い材料を用いることが好ましい。

【0101】

無機材料としては、例えば酸化物、窒化物、炭化物等を用いることができ、有機材料としてはポリイミド、アクリル樹脂、ウレタン樹脂等を用いることができる。ただし有機材料の場合には厚膜とすることが必要となるため、後述のパターニングに適さない。そのため、薄膜で配線保護機能を発揮できる無機材料を用いることがより好ましい。

【0102】

このため、第2の絶縁保護膜44がアルミナ膜、シリコン酸化膜、窒化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜から選択される少なくとも1種の無機膜であることが好ましい。特に、A1配線上に第2の絶縁保護膜としてSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>を用いることは半導体デバイスで実績のある技術であるため、本実施形態においても同様の構成を採用することが好ましい。

【0103】

また、第2の絶縁保護膜44の膜厚は200[nm]以上とすることが好ましく、500[nm]以上であることがさらに好ましい。これは、膜厚が薄い場合は十分なパッシベーション機能を発揮できないため、配線材料の腐食による断線が発生し、電気機械変換素子の信頼性を低下させてしまう可能性があるためである。

【0104】

また、圧電素子上とその周囲の振動板上に開口部をもつ構造が好ましい。これは、前述の第1の絶縁保護膜41上の個別電極用パッド47付近において開口部49を設けることと同様の理由である。これにより、高効率かつ高信頼性の電気機械変換素子とすることができる。また、例えばこの電気機械変換素子30を用いた高効率かつ高信頼性の液滴吐出ヘッド、インクジェットヘッドとすることが可能になる。

【0105】

なお、第1の絶縁保護膜41、第2の絶縁保護膜44により圧電素子が保護されているため開口部48、49の形成には、フォトリソグラフィ法とドライエッチングを用いることが可能である。

## 【 0 1 0 6 】

また、第2の絶縁保護膜44には複数のパッド（共通電極用パッド46，個別電極用パッド47）が設けられるが、これらのパッドの面積はそれぞれ $2500[\mu\text{m}^2]$ 以上であることが好ましく、さらに $30000[\mu\text{m}^2]$ 以上であることがより好ましい。この値に満たない場合は、十分な分極処理ができなくなる場合や、連続駆動後の変位劣化については十分な特性が得られない場合があるためである。

## 【 0 1 0 7 】

上記複数のパッド（共通電極用パッド46，個別電極用パッド47）の形成方法は特に限定されるものではないが、例えば、前述のリソエッチ法を用いて形成することができる。

10

## 【 0 1 0 8 】

( 導体プレート )

導体プレート20はコロナ放電またはグロー放電により発生した電荷を電気機械変換素子30に注入する機能を有するものである。

## 【 0 1 0 9 】

図7に示すように、導体プレート20は本体のプレート部20aと突起状の接触部20bとから構成されており、共通電極用パッド46の開口部に導体プレート20の接触部20bを接続させ、その部分にコロナ放電もしくはグロー放電を行う。

## 【 0 1 1 0 】

導体プレート20の面積は、図6に示すように、電気機械変換素子30が存在する基板31と等しいことが好ましく、それ以上に大きな面積を有していることがより好ましい。これは、導体プレート20の面積が上記面積よりも小さいと、コロナ放電により発生した電荷が、個別電極用パッド47などに注入されてしまい、この電界の強度が低下し、分極処理における所望の効果が得られないおそれがあるためである。

20

## 【 0 1 1 1 】

また導体プレート20を構成する材料としては、上記共通電極用パッド46及び個別電極用パッド47（第1の配線42及び第2の配線43）と同種の材料であることが好ましい。すなわち、導体プレート20を構成する材料は、第1の配線42及び第2の配線43と同種のAg合金、Cu、Al、Au、Pt、Irのいずれかから選択された金属電極材料であることが好ましい。

30

## 【 0 1 1 2 】

また、導体プレート20の図7における下側の面には、上述したように第1の配線42に接続するためのパッド46の位置と個数とに対応した突起状の複数の接触部20bが設けられている。これらの接触部20bの高さは、例えば、 $1[\text{mm}]$ である。分極処理を行う際には、これらの接触部20bが第1の配線42に接続する共通電極用パッド46に接続し電荷を注入する。

## 【 0 1 1 3 】

以上説明してきた本実施形態の電気機械変換素子30の製造方法によれば、ウェハレベルで一括して圧電素子に分極処理を行うことができる。また、この製造方法によって得られる電気機械変換素子30は液滴吐出ヘッドとした場合に、電気機械変換素子30が所定駆動電圧に対して安定した変位量を示し、液滴吐出特性を良好に保持できると共に安定した液滴吐出特性を得ることができる。

40

## 【 0 1 1 4 】

具体的な構成としては、図1に示したように、液滴を吐出するノズル11と、ノズル11が連通する加圧室12と、加圧室12内の液体を昇圧させる吐出駆動手段とを備えた液滴吐出ヘッド10である。そして、本実施形態の液滴吐出ヘッド10においては、吐出駆動手段として、加圧室12の壁の一部を振動板で構成し、この振動板に上述した電気機械変換素子を配置したものである。

## 【 0 1 1 5 】

この液滴吐出ヘッド10によれば、上述した電気機械変換素子を用いているため、所定

50

駆動電圧に対して安定した変位量を示し、液滴吐出特性を良好に保持できると共に安定した液滴吐出特性を得ることができる。

【0116】

なお、本実施形態では1つのノズルからなる液滴吐出ヘッドについて説明したが、係る形態に限定されるものではなく、図10に示すように複数の液滴吐出ヘッドを備えた構成とすることもできる。図10においては、図1の液滴吐出ヘッドを複数個直列に並べたものであり、同じ部材には同じ番号を付している。

【0117】

また、液体供給手段、流路、流体抵抗等については記載を省略したが、液滴吐出ヘッドに設けることのできる付帯設備を当然に設けることができる。

10

【0118】

〔実施例1〕

以下に電気機械変換素子のより具体的な製造方法について実施例を挙げて説明する。ただし、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

【0119】

まず、6インチシリコンウェハに熱酸化膜（膜厚1[ $\mu\text{m}$ ]）を形成した。

【0120】

次いで、第1の駆動電極を形成した。具体的にはまず、密着膜として、チタン膜（膜厚30[nm]）をスパッタ装置にて成膜した後にRTAを用いて750[ ]にて熱酸化した。そして、引き続き金属膜として白金膜（膜厚100[nm]）、酸化物膜としてSrRuO<sub>3</sub>膜（膜厚60[nm]）をスパッタ成膜した。スパッタ成膜時の基板加熱温度については550[ ]にて成膜を実施した。

20

【0121】

次に電気機械変換膜を形成した。具体的には、モル比でPb:Zr:Ti=114:53:47に調整された溶液を準備し、スピコート法により膜を成膜した。

【0122】

具体的な前駆体塗布液の合成については、出発材料に酢酸鉛三水和物、イソプロポキシドチタン、ノルマルプロポキシドジルコニウムを用いた。酢酸鉛の結晶水はメトキシエタノールに溶解後、脱水した。化学両論組成に対し鉛量を過剰にしてある。これは熱処理中のいわゆる鉛抜けによる結晶性低下を防ぐためである。

30

【0123】

イソプロポキシドチタン、ノルマルプロポキシドジルコニウムをメトキシエタノールに溶解し、アルコール交換反応、エステル化反応を進め、上記酢酸鉛を溶解したメトキシエタノール溶液と混合することでPZT前駆体溶液を合成した。合成したPZT前駆体溶液中のPZT濃度は0.5[モル/L]とした。

【0124】

上記前駆体溶液を用いて、スピコートにより前記第1の駆動電極が形成された基板上に成膜し、成膜後、120[ ]乾燥を行い、その後さらに500[ ]熱分解を行う操作を複数回繰り返し行い電気機械変換膜を積層した。

【0125】

40

上記手順により繰り返し、電気機械変換膜を積層する際に、3層目の熱分解処理後に、結晶化熱処理（温度750[ ]）をRTA（急速熱処理）にて行った。3層目の熱分解処理後、RTA処理を施した電気機械変換膜（PZT膜）の膜厚は240[nm]であった。

【0126】

上記工程を計8回（24層）実施し、PZTの部分の膜厚が約2[ $\mu\text{m}$ ]の電気機械変換膜を得た。

【0127】

次に、第2の駆動電極の酸化物膜としてSrRuO<sub>3</sub>膜（膜厚40[nm]）を、金属膜としてPt膜（膜厚125[nm]）を、それぞれスパッタ成膜した。

50

## 【 0 1 2 8 】

その後、東京応化社製フォトレジスト（T S M R 8 8 0 0）をスピンコート法で成膜し、通常のフォトリソグラフィーでレジストパターンを形成した。その後、I C P エッチング装置（サムコ製）を用いて電気機械変換膜、第2の駆動電極をエッチングにより個別化し、図11に示すようなパターンを作製した。これにより、第2の駆動電極は個別電極として機能し、第1の駆動電極は個別化された電気機械変換膜、第2の駆動電極に対して共通電極として機能する。

## 【 0 1 2 9 】

次に、第1の絶縁保護膜として、A L D 法により  $A l_2 O_3$  膜を 5 0 [ n m ] 成膜した。

10

## 【 0 1 3 0 】

原材料として A l 源としては、トリメチルアルミニウム（T M A）（シグマアルドリッチ社製）、O 源としては、オゾンジェネレーターによって発生させた  $O_3$  を用いた。そして、A l 源、O 源を交互に基板上に供給して積層させることで、成膜を行った。

## 【 0 1 3 1 】

その後、図5に示すように、エッチングによりコンタクトホール部を形成した。

## 【 0 1 3 2 】

そして、第1の配線、第2の配線として A l をスパッタ成膜し、エッチングによりパターンニング形成した。

## 【 0 1 3 3 】

さらにその後、第2の絶縁膜として  $S i_3 N_4$  をプラズマ C V D により 5 0 0 [ n m ] 成膜した。その後、エッチングにより、共通電極用パッド46、個別電極用パッド47、及び、エージング処理用開口部50を形成し、図5に示すような電気機械変換素子を作製した。

20

## 【 0 1 3 4 】

このとき、6インチウェハ内 3 0 [ m m ] × 1 0 [ m m ] 四方のエリアを 2 6 個配置しその中で個別電極用パッド面積（ 5 0 [  $\mu m$  ] × 1 0 0 0 [  $\mu m$  ] ）、パッド数としては 3 0 0 個用意した。また、共通電極用パッド面積（ 5 0 [  $\mu m$  ] × 1 0 0 0 [  $\mu m$  ] ）、パッド数としては 3 0 個用意した。個別電極46は図12に示すように、個別電極接続用開口部57にそれぞれつながっている。

30

## 【 0 1 3 5 】

この後、図13、図14に示すように、基板31をステージ53上の絶縁シート54上に配置し、導体プレート20を共通電極用パッド46へ接続し、個別電極接続用開口部57をアースに接地する。そしてコロナ帯電処理により、導体プレート20へ電荷を注入し、分極処理を行った。

## 【 0 1 3 6 】

コロナ帯電処理は 5 0 [  $\mu m$  ] のタングステンのワイヤーを用いて行った。ワイヤーとエージング処理用開口部ラインとしてのエージング処理用電極51との間の距離を 5 [ m m ] として、サンプルに対して 6 [ k V ] の電圧を印加し、30分間処理を行った。

## 【 0 1 3 7 】

その後、図17、図18に示すように、ダイシングにより基板31をチップ化し、電気機械変換素子30を作製した。

40

## 【 0 1 3 8 】

## 〔実施例2〕

コロナ帯電処理において、分極処理の電圧を 8 [ k V ] に代えて印加したこと以外は、実施例1と同様にして電気機械変換素子を作製した。

## 【 0 1 3 9 】

## 〔比較例1〕

コロナ帯電処理において、エージング処理用開口部50及びエージング処理用電極51を設けずに、図15に示すような共通電極用パッド46に直接コロナ放電を行うこと以外

50

は、実施例 1 と同様にして電気機械変換素子を作成した。

【 0 1 4 0 】

〔 比較例 2 〕

コロナ帯電処理において、分極処理の電圧を 8 [ k V ] に代えて印加したこと以外は、比較例 1 と同様にして電気機械変換素子を作成した。

【 0 1 4 1 】

図 1 6 は、実施例 1 , 2 及び比較例 1 , 2 とによりそれぞれ作製した電気機械変換素子を比較するグラフである。図 1 6 に示すグラフでは、実施例 1 , 2 及び比較例 1 , 2 とによりそれぞれ作製したウェハ内の電気機械変換素子の処理効果について、X 軸を  $P r - P i n i$  の範囲とし、Y 軸をその範囲に入る素子数の割合として比較している。

10

【 0 1 4 2 】

図 1 6 において、実施例 1 , 2 ではクラックや放電などの故障が生じなかったのに対し、比較例 1 , 2 では故障が生じていることがわかる。特に、分極処理の電圧の高い比較例 2 では故障率が高いことがわかる。また、比較例 2 では、特に、ウェハ内の中央部に比べて、端部の電気機械変換素子に多く故障が発生していた。

【 0 1 4 3 】

また、分極処理の状態に関しては、実施例 1 , 2 では、分極処理電圧の違いにより分極の進展状態に違いが出たが、処理ばらつきが少なく処理できていた。また、実施例 1 , 2 では、クラックや放電などの故障も発生しなかった。

【 0 1 4 4 】

20

図 1 7 はウェハからの電気機械変換素子の切断方法について説明する説明図であり、( a ) は上面図、( b ) は断面図である。

図 1 7 ( b ) において、まず、個別電極用パッド 4 7 とエージング処理用電極 5 1 との間の接続部を切断刃としてのダイシングブレードにより基板 3 1 の途中までハーフカットしハーフカットライン 5 6 を形成する。このハーフカットライン 5 6 は、図 1 7 ( a ) に示すように共通電極用パッド 4 6 の近傍まで連続してもよい。次に、ハーフカットライン 5 6 よりも外側の切断位置としてのダイシングライン 5 5 に沿ってダイシングして、エージング処理用電極 5 1 の部分を完全に切り離して切断する。

【 0 1 4 5 】

図 1 7 ( b ) に示すように、ハーフカットライン 5 6 で基板 3 1 の途中までハーフカットすることにより、第 2 の配線 4 3 同士の導通を切断することができる。また、ハーフカットライン 5 6 に沿ってハーフカットすることにより、使用時に電圧がかかる第 2 の配線 4 3 の端部 ( 破断面 ) が基板 3 1 を含む電気機械変換素子 3 0 の最端部 ( 最外周 ) になることを防ぐことができる。これにより、短絡などのトラブルを未然に防止することができる。

30

【 0 1 4 6 】

また、図 1 8 はウェハからの電気機械変換素子の他の切断方法について説明する説明図であり、( a ) は上面図、( b ) はハーフカット後の断面図、( c ) は完全にカットした後の断面図である。

図 1 8 ( b ) において、まず、個別電極用パッド 4 7 とエージング処理用電極 5 1 との間の接続部をダイシングブレードにより基板 3 1 の途中までハーフカットしハーフカットライン 5 6 を形成する。このハーフカットライン 5 6 は、図 1 8 ( a ) に示すように共通電極用パッド 4 6 の近傍まで連続してもよい。次に、図 1 8 ( c ) に示すように、ハーフカットに用いたダイシングブレードよりも幅の狭いダイシングブレードを用いて、ハーフカットライン 5 6 中心に沿ってダイシングすることにより、エージング処理用電極 5 1 の部分を完全に切り離して切断する。

40

【 0 1 4 7 】

図 1 8 ( b ) , ( c ) に示すように、あらかじめハーフカットしておくことにより、完全に切断したときに、使用時に電圧がかかる第 2 の配線 4 3 の端部 ( 破断面 ) が基板 3 1 を含む電気機械変換素子 3 0 の最端部 ( 最外周 ) になることを防ぐことができる。これ

50

により短絡などのトラブルを未然に防止することができる。

【 0 1 4 8 】

次に、前記液滴吐出ヘッドを備えた液滴吐出装置の構成例について説明する。液滴吐出装置の形態としては特に限定されるものではないが、ここではインクジェット記録装置を例に説明する。図 1 9 はインクジェット記録装置の斜視説明図、図 2 0 は同記録装置の側面説明図である。

【 0 1 4 9 】

このインクジェット記録装置は、記録装置本体 8 1 の内部に主走査方向に移動可能なキャリッジ 9 3 を備えている。また、このキャリッジ 9 3 に搭載したインクジェットヘッドからなる記録ヘッド、記録ヘッドヘインクを供給するインクカートリッジ等で構成される印字機構部 8 2 等を収納している。また、記録装置本体 8 1 の下方部には前方側から多数枚の用紙 8 3 を積載可能な給紙カセット（或いは給紙トレイでもよい。）8 4 を抜き差し自在に装着することができ、また、用紙 8 3 を手差しで給紙するための手差しトレイ 8 5 を開倒することができる。そして、給紙カセット 8 4 或いは手差しトレイ 8 5 から給送される用紙 8 3 を取り込み、印字機構部 8 2 によって所要の画像を記録した後、後面側に装着された排紙トレイ 8 6 に排紙する。

【 0 1 5 0 】

印字機構部 8 2 は、図示しない左右の側板に横架したガイド部材である主ガイドロッド 9 1 と従ガイドロッド 9 2 とでキャリッジ 9 3 を主走査方向に摺動自在に保持している。キャリッジ 9 3 にはイエロー（Ｙ）、シアン（Ｃ）、マゼンタ（Ｍ）、ブラック（Ｂｋ）の各色のインク滴を吐出するインクジェットヘッドからなる記録ヘッド 9 4 を備えている。この記録ヘッド 9 4 は、複数のインク吐出口（ノズル）を主走査方向と交差する方向に配列し、インク滴吐出方向を下方に向けて装着される。また、キャリッジ 9 3 には記録ヘッド 9 4 に各色のインクを供給するための各インクカートリッジ 9 5 を交換可能に装着している。

【 0 1 5 1 】

インクカートリッジ 9 5 は上方に大気と連通する大気口、下方にはインクジェットヘッドヘインクを供給する供給口を、内部にはインクが充填された多孔質体を有している。この多孔質体の毛管力によりインクジェットヘッドへ供給されるインクをわずかな負圧に維持している。また、記録ヘッドとしてここでは各色の記録ヘッド 9 4 を用いているが、各色のインク滴を吐出するノズルを有する 1 個のヘッドでもよい。

【 0 1 5 2 】

ここで、キャリッジ 9 3 は後方側（用紙搬送方向下流側）を主ガイドロッド 9 1 に摺動自在に嵌装し、前方側（用紙搬送方向上流側）を従ガイドロッド 9 2 に摺動自在に載置している。そして、このキャリッジ 9 3 を主走査方向に移動走査するため、主走査モータ 9 7 で回転駆動される駆動プーリ 9 8 と従動プーリ 9 9 との間にタイミングベルト 1 0 0 を張装している。このタイミングベルト 1 0 0 をキャリッジ 9 3 に固定しており、主走査モータ 9 7 の正逆回転によりキャリッジ 9 3 が往復駆動される。

【 0 1 5 3 】

一方、給紙カセット 8 4 にセットした用紙 8 3 を記録ヘッド 9 4 の下方側に搬送するために、給紙カセット 8 4 から用紙 8 3 を分離給装する給紙ローラ 1 0 1 及びフリクションパッド 1 0 2 と、用紙 8 3 を案内するガイド部材 1 0 3 とを設けている。また、給紙された用紙 8 3 を反転させて搬送する搬送ローラ 1 0 4 と、この搬送ローラ 1 0 4 の周面に押し付けられる搬送コロ 1 0 5 及び搬送ローラ 1 0 4 からの用紙 8 3 の送り出し角度を規定する先端コロ 1 0 6 とを設けている。搬送ローラ 1 0 4 は副走査モータ 1 0 7 によってギヤ列を介して回転駆動される。

【 0 1 5 4 】

そして、キャリッジ 9 3 の主走査方向の移動範囲に対応して搬送ローラ 1 0 4 から送り出された用紙 8 3 を記録ヘッド 9 4 の下方側で案内する用紙ガイド部材である印写受け部材 1 0 9 を設けている。この印写受け部材 1 0 9 の用紙搬送方向下流側には、用紙 8 3 を

排紙方向へ送り出すために回転駆動される搬送コロ 1 1 1、拍車 1 1 2 を設けている。さらに用紙 8 3 を排紙トレイ 8 6 に送り出す排紙ローラ 1 1 3 及び拍車 1 1 4 と、排紙経路を形成するガイド部材 1 1 5、1 1 6 とを配設している。

【0155】

記録時には、キャリッジ 9 3 を移動させながら画像信号に応じて記録ヘッド 9 4 を駆動することにより、停止している用紙 8 3 にインクを吐出して 1 行分を記録し、用紙 8 3 を所定量搬送後次の行の記録を行う。記録終了信号または、用紙 8 3 の後端が記録領域に到達した信号を受けることにより、記録動作を終了させ用紙 8 3 を排紙する。

【0156】

また、キャリッジ 9 3 の移動方向右端側の記録領域を外れた位置には、記録ヘッド 9 4 の吐出不良を回復するための回復装置 1 1 7 を配置している。回復装置 1 1 7 はキャップ手段と吸引手段とクリーニング手段とを有している。キャリッジ 9 3 は印字待機中にはこの回復装置 1 1 7 側に移動されてキャッピング手段で記録ヘッド 9 4 をキャッピングされ、吐出口部を湿潤状態に保つことによりインク乾燥による吐出不良を防止する。また、記録途中などに記録と関係しないインクを吐出することにより、全ての吐出口のインク粘度を一定にし、安定した吐出性能を維持する。

【0157】

吐出不良が発生した場合等には、キャッピング手段で記録ヘッド 9 4 の吐出口（ノズル）を密封し、チューブを通して吸引手段で吐出口からインクとともに気泡等を吸い出す。これにより、吐出口面に付着したインクやゴミ等はクリーニング手段により除去され吐出不良が回復される。また、吸引されたインクは、本体下部に設置された廃インク溜（不図示）に排出され、廃インク溜内部のインク吸収体に吸収保持される。

【0158】

このように、このインクジェット記録装置においては本発明を実施したインクジェットヘッドを搭載しているので、ノズルの詰まりやノズル面に固形分が付着しないので、インク滴吐出不良がなく、安定したインク滴吐出特性が得られて、画像品質が向上する。

【0159】

〔変形例 1〕

上記実施形態では、コロナ放電又はグロー放電により発生した電荷を、導体プレート 2 0 を介して、共通電極用パッド 4 6 から注入する構成について説明したが、電荷注入用端子部としてのダミーパッドを設けてもよい。電荷注入用のダミーパッドを設けた構成の製造方法の一例について説明する。

【0160】

まず、6 インチシリコンウェハに熱酸化膜（膜厚 1 [  $\mu\text{m}$  ]）を形成した。

【0161】

次いで、第 1 の駆動電極を形成した。具体的にはまず、密着膜として、チタン膜（膜厚 30 [  $\text{nm}$  ]）をスパッタ装置にて成膜した後に R T A を用いて 750 [  $^{\circ}\text{C}$  ] にて熱酸化した。そして、引き続き金属膜として白金膜（膜厚 100 [  $\text{nm}$  ]）、酸化物膜として  $\text{SrRuO}_3$  膜（膜厚 60 [  $\text{nm}$  ]）をスパッタ成膜した。スパッタ成膜時の基板加熱温度については 550 [  $^{\circ}\text{C}$  ] にて成膜を実施した。

【0162】

次に電気機械変換膜を形成した。具体的には、モル比で  $\text{Pb} : \text{Zr} : \text{Ti} = 1 : 1 : 4$  : 53 : 47 に調整された溶液を準備し、スピンコート法により膜を成膜した。

【0163】

具体的な前駆体塗布液の合成については、出発材料に酢酸鉛三水合物、イソプロポキシドチタン、ノルマルプロポキシドジルコニウムを用いた。酢酸鉛の結晶水はメトキシエタノールに溶解後、脱水した。化学両論組成に対し鉛量を過剰にしてある。これは熱処理中のいわゆる鉛抜けによる結晶性低下を防ぐためである。

【0164】

イソプロポキシドチタン、ノルマルプロポキシドジルコニウムをメトキシエタノールに

10

20

30

40

50

溶解し、アルコール交換反応、エステル化反応を進め、上記酢酸鉛を溶解したメトキシエタノール溶液と混合することでP Z T前駆体溶液を合成した。合成したP Z T前駆体溶液中のP Z T濃度は0.5 [モル/L]とした。

【0165】

上記前駆体溶液を用いて、スピンコートにより前記第1の駆動電極が形成された基板上に成膜し、成膜後、120 [ ] 乾燥を行い、その後さらに500 [ ] 熱分解を行う操作を複数回繰り返し行い電気機械変換膜を積層した。

【0166】

上記手順により繰り返し、電気機械変換膜を積層する際に、3層目の熱分解処理後に、結晶化熱処理（温度750 [ ]）をRTA（急速熱処理）にて行った。3層目の熱分解処理後、RTA処理を施した電気機械変換膜（P Z T膜）の膜厚は240 [nm]であった。

10

【0167】

上記工程を計8回（24層）実施し、P Z Tの部分の膜厚が約2 [μm]の電気機械変換膜を得た。

【0168】

次に、第2の駆動電極の酸化物膜としてSrRuO<sub>3</sub>膜（膜厚40 [nm]）を、金属膜としてPt膜（膜厚125 [nm]）を、それぞれスパッタ成膜した。

【0169】

その後、東京応化社製フォトリソグリス（TSMR8800）をスピンコート法で成膜し、通常のリソグラフィーでレジストパターンを形成した。その後、ICPエッチング装置（サムコ製）を用いて電気機械変換膜、第2の駆動電極をエッチングにより個別化し、図11に示すようなパターンを作製した。これにより、第2の駆動電極は個別電極として機能し、第1の駆動電極は個別化された電気機械変換膜、第2の駆動電極に対して共通電極として機能する。

20

【0170】

次に、第1の絶縁保護膜として、ALD法によりAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜を50 [nm]成膜した。

【0171】

原材料としてAl源としては、トリメチルアルミニウム（TMA）（シグマアルドリッチ社製）、O源としては、オゾンジェネレーターによって発生させたO<sub>3</sub>を用いた。そして、Al源、O源を交互に基板上に供給して積層させることで、成膜を行った。

30

【0172】

その後、図21に示すように、エッチングによりコンタクトホール部を形成した。

【0173】

そして、第1の配線、第2の配線としてAlをスパッタ成膜し、エッチングによりパターン形成した。

【0174】

さらにその後、第2の絶縁膜としてSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>をプラズマCVDにより500 [nm]成膜した。その後、エッチングにより、導体プレート接続用のダミーパッド60、共通電極用パッド46、個別電極用パッド47、及び、エーシング処理用開口部50を形成し、図21に示すような電気機械変換素子を作製した。

40

【0175】

このとき、6インチウェハ内30 [mm] × 10 [mm] 四方のエリアを26個配置し、その中で個別電極用パッド面積（50 [μm] × 1000 [μm]）、パッド数としては300個用意した。また、共通電極用パッド面積（50 [μm] × 1000 [μm]）、パッド数としては30個用意した。個別電極46は図12に示すように、個別電極接続用開口部57にそれぞれつながっている。

【0176】

この後、図13、図22に示すように、基板31をステージ53上の絶縁シート54上

50

に配置し、導体プレート20を共通電極用パッド46又はダミーパッド60の少なくとも一方に接続し、個別電極接続用開口部57をアースに接地する。そしてコロナ帯電処理により、導体プレート20へ電荷を注入し、分極処理を行った。基板31をステージ53上の絶縁シート54上に配置することにより、基板31からステージ53へのリークを防ぐことができる。また、導体プレート20に注入された電荷が、共通電極用パッド46又はダミーパッド60の少なくとも一方を介して注入され、確実に電気機械変換膜34の分極処理が行われる。

【0177】

コロナ帯電処理は50[ $\mu\text{m}$ ]のタングステンのワイヤーを用いて行った。ワイヤーとエージング処理用電極51との間の距離を5[mm]として、サンプルに対して6[kV]の電圧を印加し、30分間処理を行った。

【0178】

その後、図17、図18に示すように、ダイシングにより基板31をチップ化し、電気機械変換素子30を作製した。

【0179】

以上に説明したものは一例であり、本発明は、次の態様毎に特有の効果を奏する。

(態様A)

電気機械変換素子30の製造方法であって、基板31上または基板31に形成された下地膜上に第1の駆動電極33を形成するステップと、第1の駆動電極33上に、互いに独立した複数の電気機械変換膜34と複数の電気機械変換膜34それぞれの上に位置する複数の第2の駆動電極35とを形成するステップと、第1の駆動電極33上及び複数の第2の駆動電極35上に第1の絶縁保護膜41を形成するステップと、第1の駆動電極33に第1の配線42を介して電氣的に接続された共通電極用パッド46などの第1の端子電極と、複数の第2の駆動電極35それぞれに第2の配線43を介して電氣的に接続された個別電極用パッド47などの複数の第2の端子電極と、複数の第2の端子電極に電氣的に接続されたエージング処理用電極51などの集合電極とを、第1の絶縁保護膜41上に形成するステップと、第1の配線42上及び第2の配線43上に形成される膜であり第1の端子電極と第2の端子電極とを露出する第2の絶縁保護膜44を形成するステップと、第1の端子電極に対応した接触部20bを有する導体プレート20などの導電性部材を用い、導電性部材の接触部20bを第1の端子電極に電氣的に接触させて、導電性部材を介して、放電により発生した電荷を第1の駆動電極33に注入することにより、複数の電気機械変換膜34を一括して分極処理するステップと、を有する。

これよれば、上記実施形態について説明したように、電気機械変換膜34の分極処理を行うときに、導電性部材の接触部20bを、第2の絶縁保護膜44において露出している第1の端子電極に接触させ、その導電性部材に放電により発生した電荷を注入する。この放電により発生して注入された電荷は、導電性部材、第1の端子電極及び第1の配線42を介して第1の駆動電極33に注入される。このように放電により発生した電荷が第1の駆動電極33に確実に注入され、電気機械変換膜34を一括して分極処理を行うことができる。また、分極処理は高温の熱が加わる第2の絶縁保護膜44の形成後に行われることにより、分極処理された電気機械変換膜34が加熱されないで、電気機械変換膜34の分極処理後の脱分極を防ぐことができる。しかも、その分極処理の際に、複数の電気機械変換膜34それぞれに対して形成されている複数の第2の駆動電極は、所定の電位の集合電極に電氣的に接続され、複数の第2の駆動電極35の電位は所定の大きさに保たれる。従って、一部の電気機械変換膜34に電荷が集中することなく、均一な分極処理を行うことができる。以上により、製造効率の向上を図りつつ、電気機械変換素子の分極特性のばらつきを低減するとともに分極処理後の脱分極の発生を防止することができる。

(態様B)

上記態様Aにおいて、第1の端子電極は、共通電極用パッド46などの外部接続用端子部と、導電性部材の接触部20bを接触させるダミーパッド60などの電荷注入用端子部とを有し、電気機械変換膜34を分極処理するステップでは、導電性部材の接触部20b

を第 1 の端子電極の電荷注入用端子部に電氣的に接触させて、導電性部材を介して、放電により発生した電荷を第 1 の駆動電極に注入することにより、複数の電気機械変換膜 3 4 を一括して分極処理する。

これによれば、上記変形例 1 について説明したように、第 1 の端子電極はにおける共通電極用パッド 4 6 などの外部接続用端子部とは別の電荷注入用端子部に対して電荷が注入されるので、実際の使用時に電圧が印加される外部接続用端子部へのダメージを抑制できる。

( 態様 C )

上記態様 A 又は態様 B において、第 2 の絶縁保護膜 4 4 を形成するステップでは、集合電極を露出させて第 2 の絶縁保護膜 4 4 を形成し、その集合電極はアースに接地されている。

10

これによれば、上記実施形態について説明したように、第 2 の絶縁保護膜 4 4 から露出した集合電極は容易にアースに接地することができる。しかも、その集合電極に電氣的に接続された複数の第 2 の駆動電極 3 5 の電位はアースの電位に安定して保たれる。従って、一部の電気機械変換膜 3 4 への電荷の集中をよりより確実に防止し、より均一な分極処理を行うことができる。

( 態様 D )

上記態様 A 乃至 C のいずれかにおいて、導電性部材の材料は、接触部 2 0 b が接触する第 1 の端子電極の材料と同じである。

これによれば、上記実施形態について説明したように、導電性部材の接触部 2 0 b と第 1 の端子電極との接触抵抗を小さくすることができ、第 1 の端子電極を介した電荷の注入効率を高めることができる。

20

( 態様 E )

上記態様 A 乃至 D のいずれかにおいて、前記第 1 の駆動電極及び第 1 の端子電極をそれぞれ複数備え、第 1 の絶縁保護膜 4 1 を形成するステップ及び第 2 の絶縁保護膜 4 4 を形成するステップでは、複数の第 1 の端子電極を露出させて各絶縁保護膜を形成し、導電性部材は、複数の第 1 の端子電極と同数の接触部 2 0 b を有する。

これによれば、上記実施形態について説明したように、前記第 1 の駆動電極及び第 1 の端子電極をそれぞれ複数備えている場合に、それら複数の第 1 の駆動電極それぞれに対応する複数の電気機械変換膜 3 4 を一括して分極処理することができる。したがって、製造効率をさらに向上させることができる。

30

( 態様 F )

上記態様 E において、第 1 の端子電極は、導電性部材の接触部 2 0 b を接触させるダミーパッド 6 0 などの電荷注入用端子部を有し、導電性部材の接触部 2 0 b の第 1 の端子電極又は電荷注入用端子部に接触する部分の面積は、第 1 の端子電極又は電荷注入用端子部の面積以下である。

これによれば、上記実施形態について説明したように、導電性部材の接触部 2 0 b が、第 1 の端子電極又は電荷注入用端子部に確実に接触し、導電性部材を介した電荷の注入効率を維持することができる。

( 態様 G )

40

上記態様 A 乃至 F のいずれかにおいて、前記導電性部材の放電により発生した電荷が注入される面の面積は、基板の面積以上である。

上記実施形態について説明したように、導電性部材の放電により発生した電荷が注入される面の面積が基板 3 1 の面積よりも小さいと、放電により発生した電荷が、第 1 の駆動電極 3 3 以外の電極に注入されてしまう。すると、分極処理における所望の効果が得られないおそれがある。本態様 G によれば、導電性部材の放電により発生した電荷が注入される面の面積が、基板 3 1 の面積以上であるので、第 1 の駆動電極 3 3 以外の電極への電荷注入を抑制することができ、分極処理における所望の効果が得られる。

( 態様 H )

上記態様 A 乃至 G のいずれかにおいて、基板 3 1 上または下地膜上に形成した複数の電

50

電気機械変換素子 30 を互いに分離して個別化するように切断するステップを有し、複数の第 2 の端子電極に電氣的に接続された集合電極を第 1 の絶縁保護膜 41 上に形成するステップでは、集合電極を電気機械変換膜 34 に対して第 2 の端子電極よりも離れた位置に形成し、電気機械変換素子 30 を個別化するステップでは、複数の第 2 の端子電極と集合電極との間を切断する。

これによれば、上記実施形態について説明したように、複数の第 2 の端子電極と集合電極との間を切断することにより、複数の第 2 の端子電極と集合電極との導通を切断し、各第 2 の端子電極に互いに独立に駆動電圧を印加できる。従って、各電気機械変換素子 30 の個別駆動を確実に行うことができる。

( 態様 I )

10

上記態様 H において、電気機械変換素子 30 を個別化するステップは、第 2 の端子電極と集合電極との間を完全に切断する切断位置よりも第 2 の端子電極側を基板 31 の厚み方向の途中まで切断するステップを含む。

これによれば、上記実施形態について説明したように、使用時に電圧がかかる第 2 の配線 43 の端部（破断面）が基板 31 を含む電気機械変換素子 30 の最端部（最外周）になることを防いで短絡などのトラブルを未然に防止することができる。

( 態様 J )

上記態様 H において、電気機械変換素子 30 を個別化するステップは、第 2 の端子電極と集合電極との間を切断刃により基板 31 の厚み方向の途中まで切断するステップと、切断刃よりも幅の狭い切断刃により基板 31 の厚み方向の途中まで切断した位置を中心に完全に切断するステップと、を含む。

20

これによれば、上記実施形態について説明したように、切断する部分をあらかじめ基板 31 の途中まで切断しておくことができる。これにより、完全に切断して電気機械変換素子 30 を切り離れたときに、使用時に電圧がかかる第 2 の配線 43 の端部（破断面）が基板 31 を含む電気機械変換素子 30 の最端部（最外周）になることを防いで短絡などのトラブルを未然に防止することができる。

( 態様 K )

上記態様 A 乃至 J のいずれかにおいて、分極処理を行うステップにおいて、放電により発生する電荷は負極性に帯電している。

これによれば、上記実施形態について説明したように、放電により大気中の分子をイオン化させることで、負極性に帯電した電荷を有する陰イオンを容易に発生させることができる。この陰イオンが、第 1 の配線 42 と接続した第 1 の端子電極を介して電気機械変換素子 30 に流れ込むことにより、負極性に帯電した電荷を電気機械変換素子 30 に容易に蓄積させることができる。従って、電気機械変換膜 34 の分極処理を安定して行うことができる。

30

( 態様 L )

上記態様 A 乃至 K のいずれかにおいて、分極処理を行うステップにおいて、放電により、 $1.0 \times 10^{-8}$  [ C ] 以上の電荷量を発生させる。

これによれば、上記実施形態について説明したように、放電による電荷量が  $1.0 \times 10^{-8}$  [ C ] に満たない場合は、分極処理が十分に行えず、その電気機械変換膜 34 をアクチュエータに使用した場合に連続駆動後の変位劣化について十分な特性が得られないおそれがある。本態様 L は、放電による電荷量が  $1.0 \times 10^{-8}$  [ C ] 以上の電荷量を発生させるので、分極処理が十分に行うことができ、電気機械変換膜 34 をアクチュエータに使用した場合に連続駆動後の変位劣化について十分な特性が得られる。

40

( 態様 M )

上記態様 A 乃至 L のいずれかを実施するための電気機械変換素子の分極処理装置であって、コロナワイヤー 52 などの放電を発生するための放電電極、又は、放電電極及び放電を制御するためのグリッド電極と、基板 31 を設置するためのステージ 53 と、導電性部材と、を備え、ステージ 53 がアースに接地された構成、及び、ステージ 53 と基板 31 との間が絶縁物で絶縁された構成の少なくとも一方の構成を有する。

50

これによれば、上記実施形態について説明したように、ステージ 53 上に設置された基板 31 に電気機械変換素子 30 を効率良く製造することができる。更に、ステージ 53 がアースに接地されることにより、電気機械変換膜 34 の電位が安定し、一部の電気機械変換膜 34 に電荷が集中することなく、より均一な分極処理を行うことができる。また、基板 31 とステージ 53 との間を絶縁物で絶縁することにより、基板 31 に注入された電荷がステージ 53 からリークすることを防ぐことができる。

( 態様 N )

上記態様 A 乃至 L のいずれかの電気機械変換素子の製造方法により得られた電気機械変換素子 30 であって、電気機械変換膜の分極が、 $\pm 150 \text{ [ kV / cm ]}$  の電界強度かけてヒステリシスループを測定する際、測定開始時の  $0 \text{ [ kV / cm ]}$  における分極を  $P_{ini}$  とし、 $+150 \text{ [ kV / cm ]}$  の電圧印加後、 $0 \text{ [ kV / cm ]}$  まで戻した際の  $0 \text{ [ kV / cm ]}$  時の分極を  $P_r$  とした場合に、 $P_r$  と  $P_{ini}$  との差が  $10 \text{ [ } \mu\text{C / cm}^2 \text{ ]}$  以下である。

10

これによれば、上記実施形態について説明したように、製造効率の向上を図りつつ、電気機械変換素子 30 の分極特性のばらつきを低減するとともに、分極処理後の脱分極の発生を防止することができる電気機械変換素子を提供できる。また、複数の電気機械変換膜に対して均一な分極処理を短時間で確実にを行い、しかも歩留まりを向上させることができる電気機械変換素子を提供できる。また、 $P_r$  と  $P_{ini}$  との差が  $10 \text{ [ } \mu\text{C / cm}^2 \text{ ]}$  より大きい場合、電気機械変換膜 34 をアクチュエータに使用した場合に連続駆動後の変位劣化について十分な特性が得られないおそれがある。本態様 O では、 $P_r$  と  $P_{ini}$  との差が  $10 \text{ [ } \mu\text{C / cm}^2 \text{ ]}$  以下なので、電気機械変換膜 34 をアクチュエータに使用した場合に連続駆動後の変位劣化について十分な特性が得られる。

20

( 態様 O )

上記態様 N において、電気機械変換膜 34 の比誘電率が、600 以上、2000 以下である。

上記実施形態について説明したように、比誘電率が 600 より小さいと、電気機械変換膜 34 をアクチュエータに使用した場合に十分な変位特性が得られないおそれがある。また、比誘電率が 2000 より大きくなると、分極処理が十分行われず、連続駆動後の変位劣化については十分な特性が得られないといった不具合が発生するおそれがある。本態様 F では、電気機械変換膜 34 の比誘電率が、600 以上、2000 以下なので、電気機械変換膜 34 をアクチュエータに使用した場合に十分な変位特性が得られる。また、分極処理が十分に行われ、連続駆動後の変位劣化についても十分な特性が得られる。

30

( 態様 P )

上記態様 N 又は O において、第 1 の駆動電極 33 に電氣的に接続された第 1 の配線 42 と、第 2 の駆動電極 35 に電氣的に接続された第 2 の配線 43 とが、同一プロセス中に作製される。

これによれば、上記実施形態について説明したように、別々のプロセスで作製される場合に比べて、処理工数と処理時間とを削減でき、コストダウンを図ることができる。

( 態様 Q )

上記態様 N 乃至 P のいずれかにおいて、第 1 の配線 42 及び第 2 の配線 43 の少なくとも一方が、Ag 合金、Cu、Al、Al 合金、Au、Pt、Ir のいずれかから成る金属電極材料で形成されている。

40

これによれば、上記実施形態について説明したように、これらの金属は、基板上に低抵抗で耐久性のある電極を成膜することができる。

( 態様 R )

上記態様 N 乃至 Q のいずれかにおいて、第 1 の絶縁保護膜 41 及び第 2 の絶縁保護膜 44 の少なくとも一方は、アルミナ膜、シリコン酸化膜、窒化シリコン膜及び酸化窒化シリコン膜のいずれかの無機膜である。

これによれば、上記実施形態について説明したように、これらの膜は、密着性がよく、膜が硬く、しかも耐磨耗性やコストパフォーマンスに優れた第 1 の絶縁保護膜 41 又は第

50

2の絶縁保護膜44を形成できる。

(態様S)

液滴を吐出するノズル11と、ノズル11が連通する加圧室12と、加圧室12内の液体を昇圧させる吐出駆動手段とを備えた液滴吐出ヘッド10において、吐出駆動手段として、加圧室12の壁の一部を振動板17で構成し、振動板17に上記態様O乃至Rのいずれかの電気機械変換素子を配置した。

これによれば、上記実施形態について説明したように、脱分極のない分極処理が確実に行われた電気機械変換素子によって加圧室12内の液体を昇圧させることができるので、安定した液滴吐出特性が得られる。

(態様T)

上記態様Sの液滴吐出ヘッドを備えた液滴吐出装置である。これによれば、上記実施形態について説明したように、安定した液滴吐出特性が得られる。

【符号の説明】

【0180】

- 10 液滴吐出ヘッド
- 11 ノズル
- 12 加圧室
- 13 電気機械変換膜
- 14 上部電極
- 15 下部電極
- 16 電気機械変換素子
- 17 下地膜(振動板)
- 20 導体プレート
- 20a プレート部
- 20b 接触部
- 30 電気機械変換素子
- 31 基板
- 32 成膜振動板(下地膜)
- 33 第1の駆動電極
- 34 電気機械変換膜
- 35 第2の駆動電極
- 41 第1の絶縁保護膜
- 42 第1の配線
- 43 第2の配線
- 44 第2の絶縁保護膜
- 45 コンタクトホール
- 46 共通電極用パッド
- 47 個別電極用パッド
- 50 エージング処理用開口部
- 51 エージング処理用電極
- 52 コロナワイヤー
- 53 ステージ
- 55 ダイシングライン
- 56 ハーフカットライン
- 60 ダミーパッド
- 81 (インクジェット)記録装置本体
- 82 印字機構部
- 93 キャリッジ
- 94 記録ヘッド
- 95 インクカートリッジ

10

20

30

40

50

## 1 1 7 回復装置

【先行技術文献】

【特許文献】

【0181】

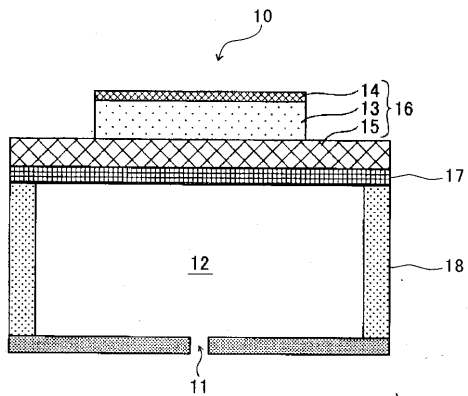
【特許文献1】特開2004-202849号公報

【特許文献2】特開2010-034154号公報

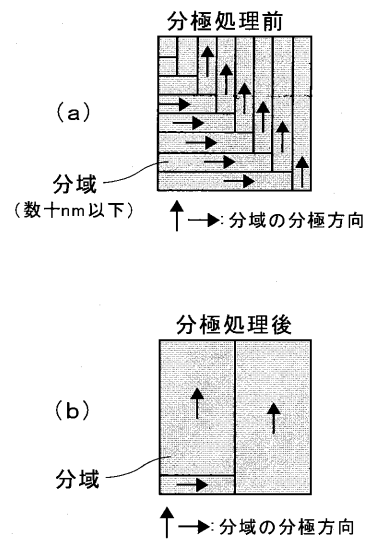
【特許文献3】特開2006-203190号公報

【特許文献4】特許第3782401号公報

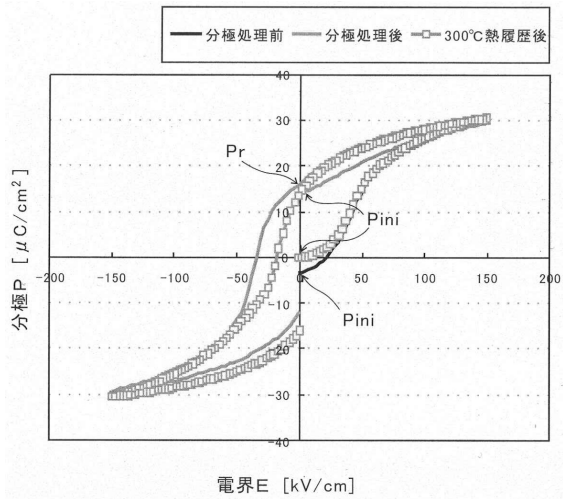
【図1】



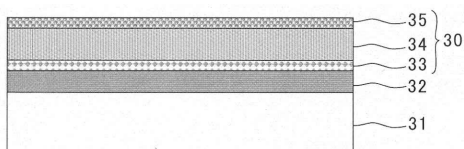
【図2】



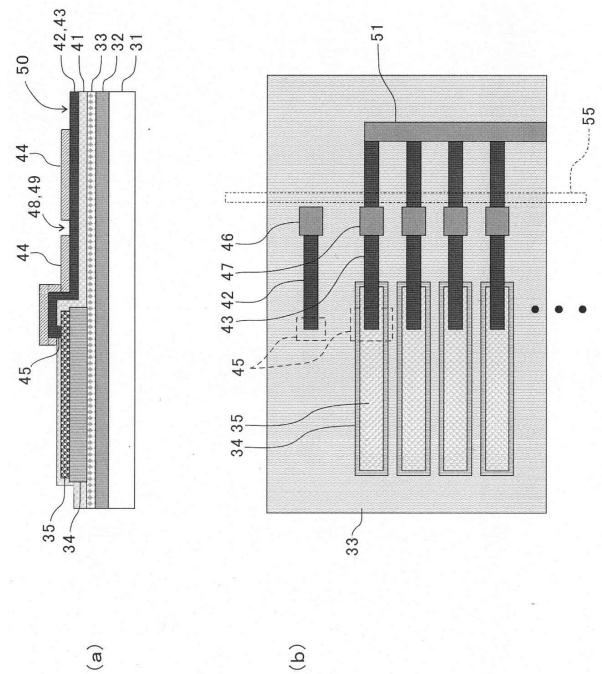
【図 3】



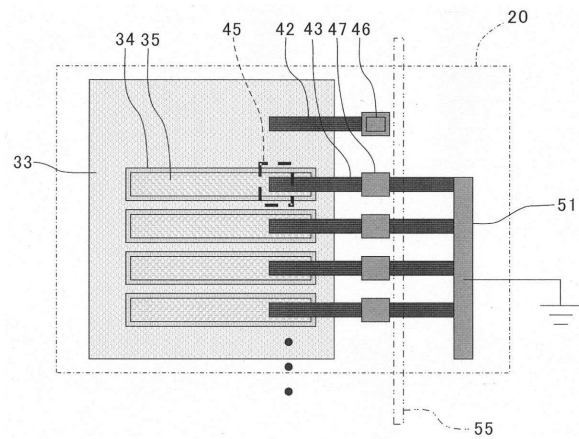
【図 4】



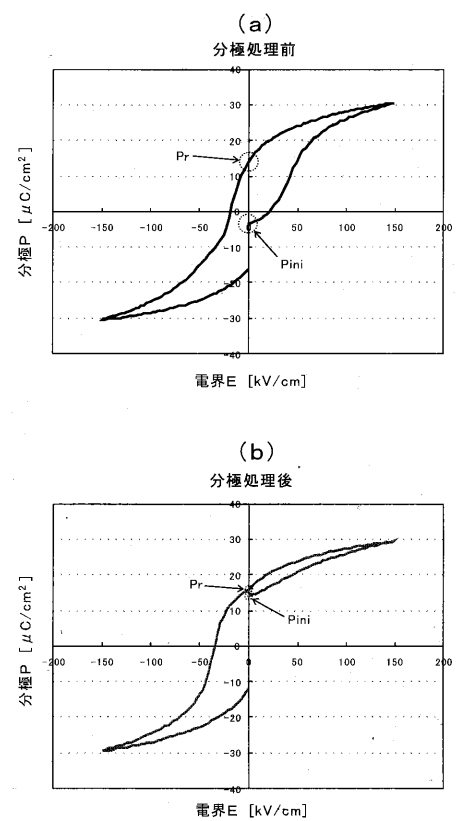
【図 5】



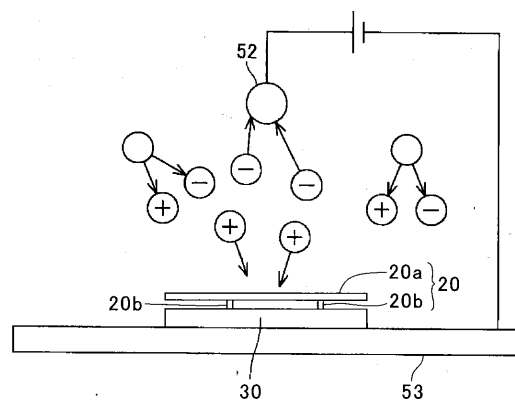
【図 6】



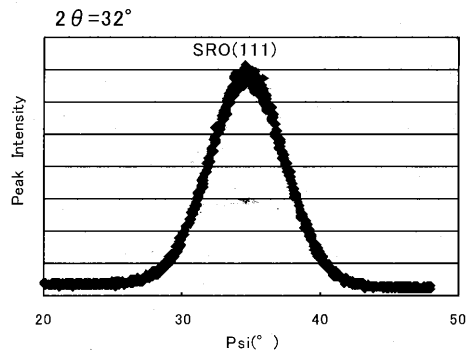
【図 8】



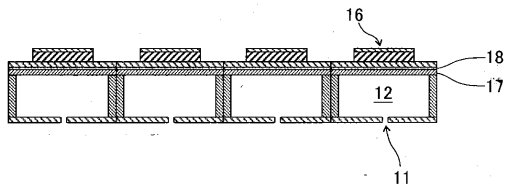
【図 7】



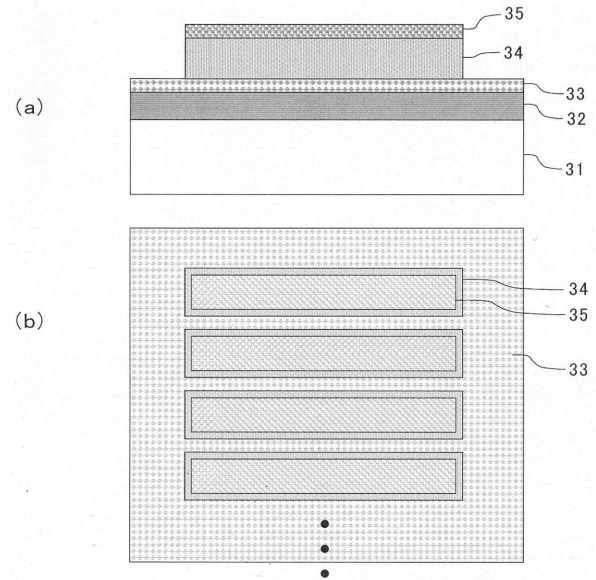
【図 9】



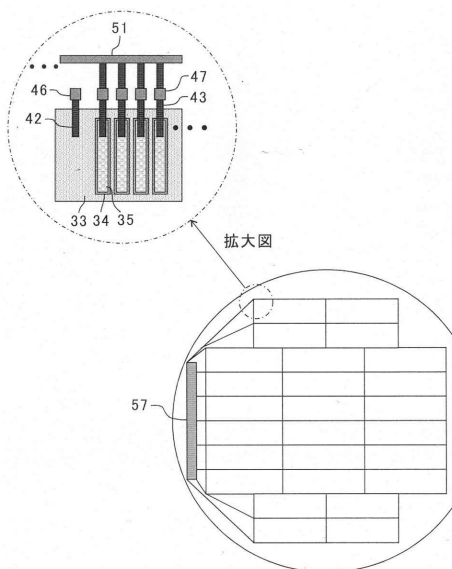
【図 10】



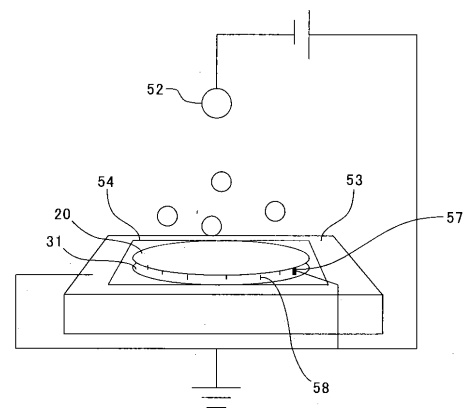
【図 11】



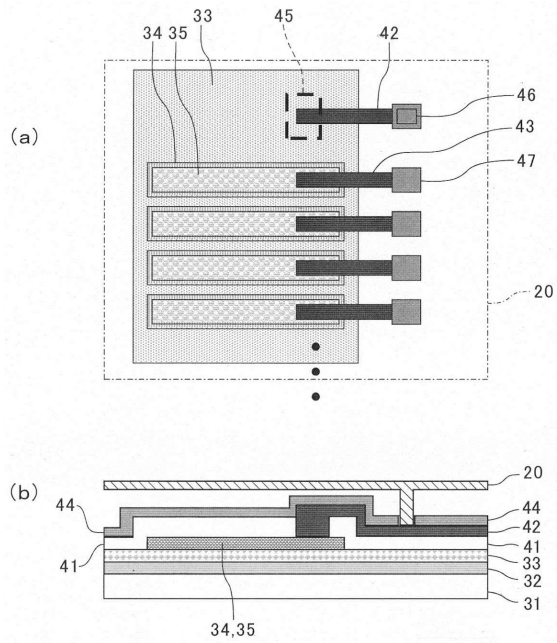
【図 12】



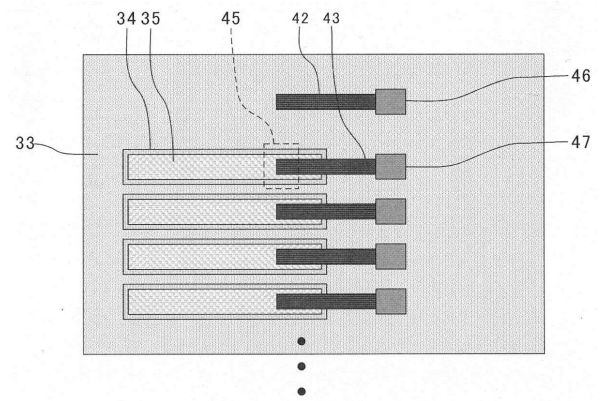
【図 13】



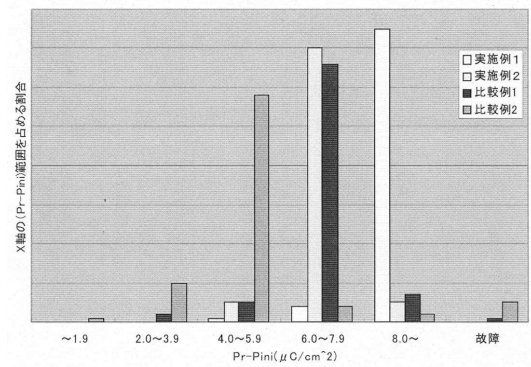
【図14】



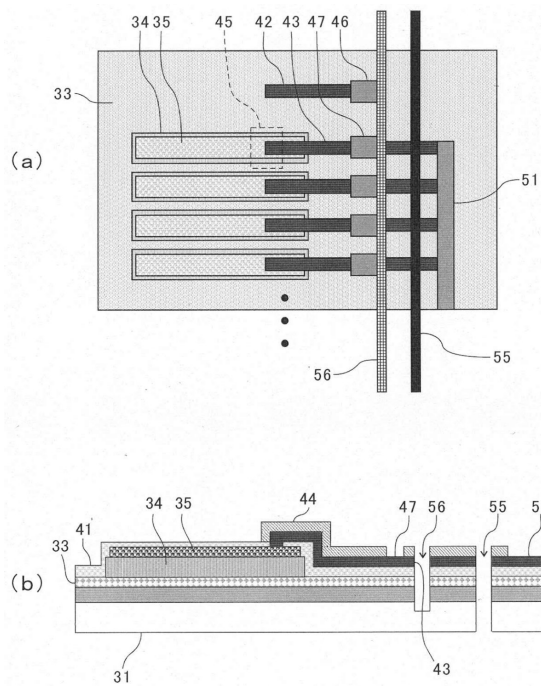
【図15】



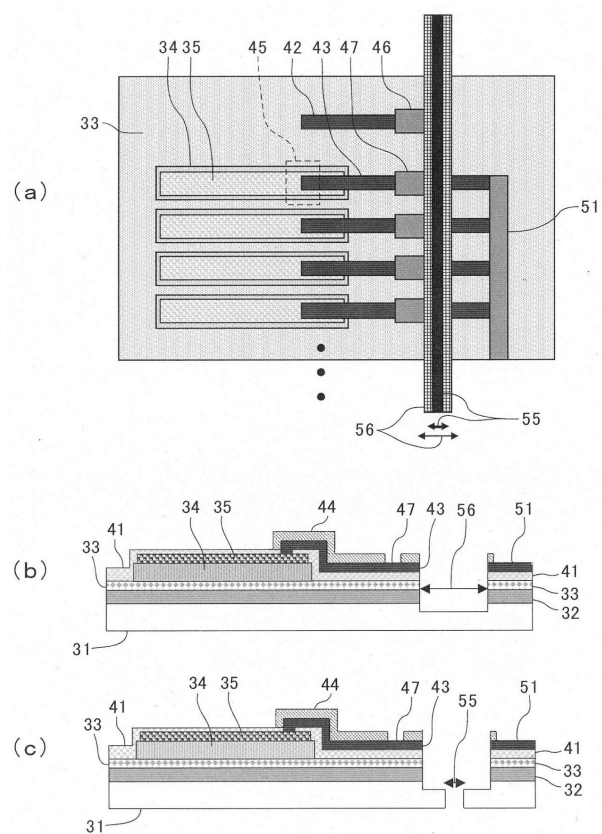
【図16】



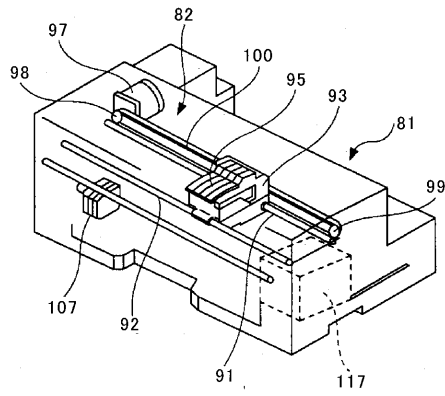
【図17】



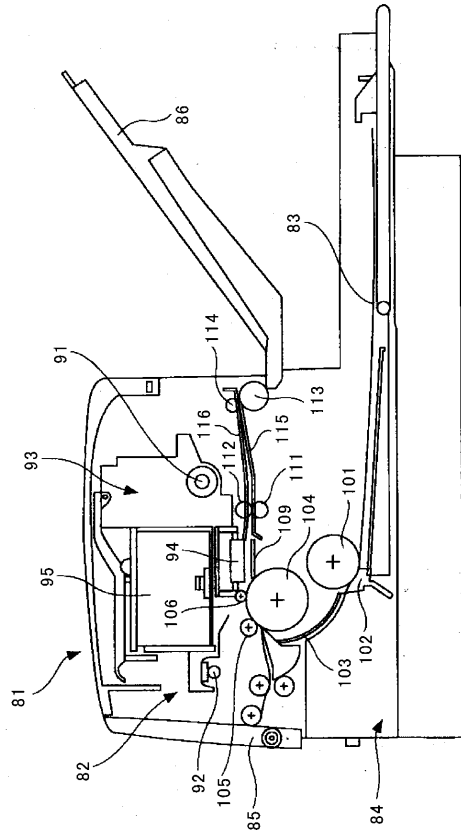
【図18】



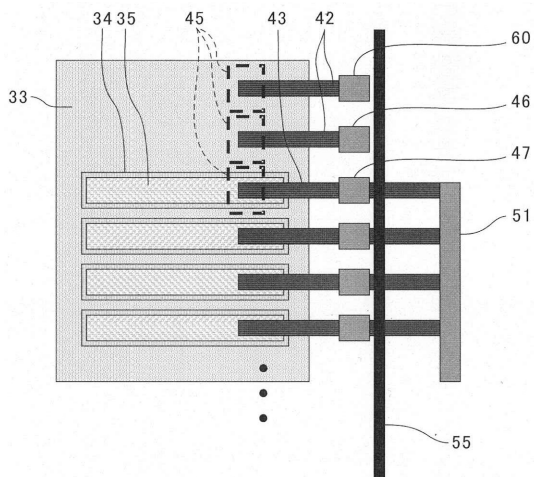
【図 19】



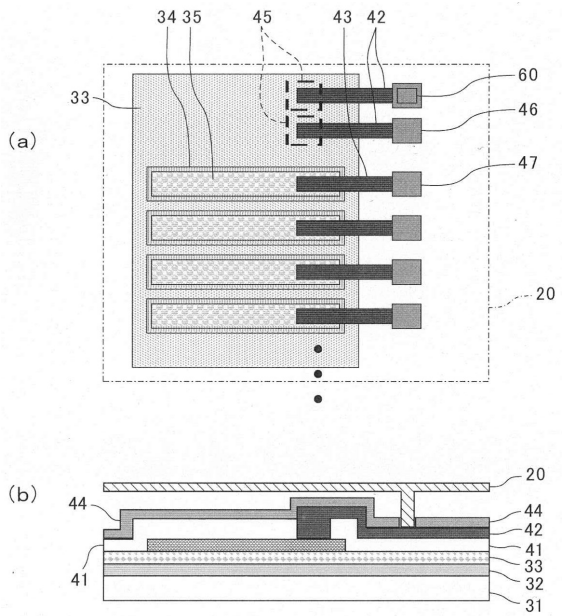
【図 20】



【図 21】



【図 22】



---

 フロントページの続き

|                |             |                  |         |      |       |
|----------------|-------------|------------------|---------|------|-------|
| (51)Int.Cl.    |             |                  | F I     |      |       |
| <b>B 4 1 J</b> | <b>2/16</b> | <b>(2006.01)</b> | B 4 1 J | 2/14 | 3 0 5 |
|                |             |                  | B 4 1 J | 2/16 | 5 0 1 |

(56)参考文献 特開 2 0 1 2 - 1 9 6 8 3 8 ( J P , A )  
 特開 2 0 0 9 - 2 3 1 2 9 9 ( J P , A )  
 特開 2 0 0 5 - 0 7 2 3 2 7 ( J P , A )  
 特開 2 0 1 0 - 1 3 7 5 8 0 ( J P , A )  
 特開 2 0 0 4 - 3 0 6 4 4 3 ( J P , A )  
 特開 2 0 1 2 - 1 7 1 1 4 9 ( J P , A )  
 特開 2 0 0 1 - 3 3 2 9 5 6 ( J P , A )  
 特開 2 0 0 1 - 0 5 3 3 5 1 ( J P , A )  
 特開平 0 8 - 1 8 0 9 5 9 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

|         |                       |
|---------|-----------------------|
| H 0 1 L | 4 1 / 0 0 - 4 1 / 4 7 |
| B 4 1 J | 2 / 0 4 5             |
| B 4 1 J | 2 / 1 4               |
| B 4 1 J | 2 / 1 6               |