

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4936880号  
(P4936880)

(45) 発行日 平成24年5月23日(2012.5.23)

(24) 登録日 平成24年3月2日(2012.3.2)

(51) Int.Cl.

F 1

B 41 J 2/135 (2006.01)

B 41 J 3/04 103N

B 41 J 2/045 (2006.01)

B 41 J 3/04 103A

B 41 J 2/055 (2006.01)

請求項の数 10 (全 17 頁)

(21) 出願番号

特願2006-350146 (P2006-350146)

(22) 出願日

平成18年12月26日 (2006.12.26)

(65) 公開番号

特開2008-155591 (P2008-155591A)

(43) 公開日

平成20年7月10日 (2008.7.10)

審査請求日

平成21年9月25日 (2009.9.25)

(73) 特許権者 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(74) 代理人 100108062

弁理士 日向寺 雅彦

(72) 発明者 桜井 直明

東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社  
東芝内

(72) 発明者 山辺 純成

東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社  
東芝内

(72) 発明者 小泉 洋

東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社  
東芝内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ノズルプレート、ノズルプレートの製造方法、液滴吐出ヘッド及び液滴吐出装置

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

第1のシリコン層と、

ガラス層と、

前記ガラス層と接合された第2のシリコン層と、

前記第1のシリコン層と前記第2のシリコン層との間に設けられた酸化シリコン層と、

前記第2のシリコン層と反対側において前記ガラス層に接触して設けられ前記ガラス層とは異なる材料により形成された液室層と、

を備え、

前記第1のシリコン層を貫通し液滴を吐出するノズル孔と、

前記酸化シリコン層及び前記第2のシリコン層を貫通し前記ノズル孔に連通した流路と

、

前記ガラス層に形成され前記流路に連通し前記液室層に延在してなる液室と、  
が形成されてなることを特徴とするノズルプレート。

## 【請求項 2】

前記ノズル孔の開口径よりも前記流路の開口径が大きく、

前記流路の開口径よりも前記液室の開口径が大きいことを特徴とする請求項1記載のノズルプレート。

## 【請求項 3】

前記ノズル孔から吐出される液体に対する親和性がシリコンよりも高い材料からなる被

10

20

覆膜が前記ノズル孔の内壁面に形成されてなることを特徴とする請求項1または2に記載のノズルプレート。

**【請求項4】**

前記被覆膜は、酸化シリコンからなることを特徴とする請求項3記載のノズルプレート。

**【請求項5】**

前記接合は、陽極接合であることを特徴とする請求項1～4のいずれか1つに記載のノズルプレート。

**【請求項6】**

前記ガラス層に近い側の前記ノズル孔の開口端の開口径は、前記ガラス層から遠い側の前記ノズル孔の開口端の開口径と同一またはそれ以上であることを特徴とする請求項1～5のいずれか1つに記載のノズルプレート。 10

**【請求項7】**

第1のシリコン層と、

ガラス層と、

前記ガラス層と接合された第2のシリコン層と、

前記第1のシリコン層と前記第2のシリコン層との間に設けられた酸化シリコン層と、  
を備え、

前記第1のシリコン層を貫通し液滴を吐出する複数のノズル孔と、

前記酸化シリコン層及び前記第2のシリコン層を貫通し前記ノズル孔に連通した流路と 20

、  
前記ガラス層に形成され前記流路に連通した液室と、  
が形成され、

隣接する前記複数のノズル孔同士の間は、前記ガラス層により仕切られてなることを特徴とするノズルプレート。

**【請求項8】**

第1のシリコン層と、第2のシリコン層と、前記第1のシリコン層と前記第2のシリコン層との間に設けられた酸化シリコン層と、を有する積層体の前記第1のシリコン層を貫通するノズル孔を形成し、

前記第2のシリコン層を貫通する流路を形成し、 30

前記流路の底に露出した前記酸化シリコン層を除去することにより前記ノズル孔と前記流路とを連通させ、

液室を形成したガラス層と、前記第2のシリコン層と、を陽極接合して前記流路と前記液室とを連通させることを特徴とするノズルプレートの製造方法。

**【請求項9】**

請求項1～7のいずれか1つに記載のノズルプレートと、

前記液室内の液体に圧力を加える加圧手段と、

を備えたことを特徴とする液滴吐出ヘッド。

**【請求項10】**

請求項9記載の液滴吐出ヘッドと、 40

被処理体と前記液滴吐出ヘッドとを相対的に移動させる駆動部と、

前記液滴吐出ヘッドと前記駆動部を制御する制御部と、

を備えたことを特徴とする液滴吐出装置。

**【発明の詳細な説明】**

**【技術分野】**

**【0001】**

本発明は、ノズルプレート、ノズルプレートの製造方法、液滴吐出ヘッド及び液滴吐出装置に関する。

**【背景技術】**

**【0002】**

プリンタなどの印刷装置や、フラットパネル表示装置や半導体装置などの製造に用いられる成膜(印刷)装置においては、インクジェット法によりインクや膜材料を対象物に向けて吐出、飛翔させて着色や成膜を行う技術が用いれる。

このインクジェット法に用いられる液滴吐出ヘッドは、一般に「インクジェットヘッド」などと呼ばれ、精巧な技術を駆使して製造される精密な部品により構成されている。特に、インクや膜素材が吐出されるノズル孔が形成されたノズルプレートは、着弾特性・飛翔特性などの基本的な動作特性に大きな影響を与えるため、極めて高い加工精度が要求されている。

#### 【0003】

高い加工精度で形成することが可能なノズルプレートとして、SOI(Silicon On Insulator)ウェーハを利用したものが開示されている(特許文献1)。このノズルプレートは、シリコンからなる支持層と、酸化シリコンからなる誘電体層と、シリコンからなる活性層と、がこの順に積層されたSOIウェーハを用い、活性層にドライエッチングで開口することによりノズル孔を形成し、支持層と誘電体層とをエッチングすることによりノズル孔に連通するテーパ部を形成することにより製造される。

【特許文献1】特開平9-216368号公報

#### 【発明の開示】

##### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0004】

しかし、SOIウェーハはその全体の厚みが200マイクロメータ程度と薄いため機械的な強度が十分ではなく、そのままの状態で吐出ヘッドに組み込むことが容易ではない。また、吐出ヘッドに組み込んだ後も、振動や衝撃に対する耐久性には改善の余地がある。

#### 【0005】

またさらに、このように薄いノズルプレートの上流側でインクなどの液体の流路が連通すると、隣接するノズル孔を介した液体の吐出などの影響を受けやすくなる。その結果として、併設されたノズル孔の間でクロストークが生ずるおそれがある。

#### 【0006】

本発明は、機械的な強度が確保され、着弾特性や飛翔特性などの動作特性に優れたノズルプレート、ノズルプレートの製造方法、液滴吐出ヘッド及び液滴吐出装置を提供する。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0007】

本発明の一態様によれば、第1のシリコン層と、ガラス層と、前記ガラス層と接合された第2のシリコン層と、前記第1のシリコン層と前記第2のシリコン層との間に設けられた酸化シリコン層と、前記第2のシリコン層と反対側において前記ガラス層に接触して設けられ前記ガラス層とは異なる材料により形成された液室層と、を備え、前記第1のシリコン層を貫通し液滴を吐出するノズル孔と、前記酸化シリコン層及び前記第2のシリコン層を貫通し前記ノズル孔に連通した流路と、前記ガラス層に形成され前記流路に連通し前記液室層に延在してなる液室と、が形成されてなることを特徴とするノズルプレートが提供される。

#### 【0008】

また、本発明の他の一態様によれば、第1のシリコン層と、ガラス層と、前記ガラス層と接合された第2のシリコン層と、前記第1のシリコン層と前記第2のシリコン層との間に設けられた酸化シリコン層と、を備え、前記第1のシリコン層を貫通し液滴を吐出する複数のノズル孔と、前記酸化シリコン層及び前記第2のシリコン層を貫通し前記ノズル孔に連通した流路と、前記ガラス層に形成され前記流路に連通した液室と、が形成され、隣接する前記複数のノズル孔同士の間は、前記ガラス層により仕切られてなることを特徴とするノズルプレートが提供される。

#### 【0009】

また、本発明のさらに他の一態様によれば、第1のシリコン層と、第2のシリコン層と

10

20

30

40

50

、前記第1のシリコン層と前記第2のシリコン層との間に設けられた酸化シリコン層と、を有する積層体の前記第1のシリコン層を貫通するノズル孔を形成し、前記第2のシリコン層を貫通する流路を形成し、前記流路の底に露出した前記酸化シリコン層を除去することにより前記ノズル孔と前記流路とを連通させ、液室を形成したガラス層と、前記第2のシリコン層と、を陽極接合して前記流路と前記液室とを連通させることを特徴とするノズルプレートの製造方法が提供される。

#### 【0010】

また、本発明のさらに他の一態様によれば、上記のいずれかのノズルプレートと、前記液室内の液体に圧力を加える加圧手段と、を備えたことを特徴とする液滴吐出ヘッドが提供される。

10

#### 【0011】

また、本発明のさらに他の一態様によれば、上記の液滴吐出ヘッドと、被処理体と前記液滴吐出ヘッドとを相対的に移動させる駆動部と、前記液滴吐出ヘッドと前記駆動部を制御する制御部と、を備えたことを特徴とする液滴吐出装置が提供される。

#### 【発明の効果】

#### 【0012】

本発明によれば、機械的な強度が確保され、着弾特性や飛翔特性などの動作特性に優れたノズルプレート、ノズルプレートの製造方法、液滴吐出ヘッド及び液滴吐出装置が提供される。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

20

#### 【0013】

以下、図面を参照しつつ、本発明の実施の形態について説明をする。

図1は、本発明の第1の実施の形態に係るノズルプレートをそのノズル孔の方向から眺めた模式外観図である。

また、図2は、図1のA-A断面図である。

#### 【0014】

ノズルプレート10の液滴吐出面には、複数のノズル孔12Aが所定のピッチで併設され、インクや成膜材料などの液体を吐出可能とされている。このノズルプレート10は、図2に表したように、SOI層20と、ガラス層40と、を積層した構造を有する。SOI層20は、第1のシリコン層12と、酸化シリコン層14と、第2のシリコン層16と、をこの順に積層した構造を有する。第1のシリコン層12には、対象物に向けて液体を吐出するノズル孔12Aが形成されている。一方、酸化シリコン層14及び第2のシリコン層16には、ノズル孔12Aに連通した流路16Aが形成されている。ノズル孔12A及び流路16Aの開口形状は、例えば、いずれも略円形とすることができます。

30

一方、ガラス層40には、流路16Aに連通した液室40Aが形成されている。液室40Aの開口形状は略円形としてもよく、その他、各種の形状を採用することも可能である。

#### 【0015】

各層の厚みについて例示すると、例えば、第1のシリコン層12は10~50マイクロメータ、酸化シリコン層14は0.1~1マイクロメータ、第2のシリコン層16は100~200マイクロメータ、ガラス層40は0.8~2ミリメータ程度とすることができる。

40

また、例えばノズル孔12Aの開口径d1を20マイクロメータとした場合、流路16Aの開口径d2は200マイクロメータ、液室の開口径d3は400マイクロメータ程度とすることができる。本発明者の試作検討の結果によれば、吐出される液体の吐出量や吐出方向を安定にするためには、流路16Aの最も広い部分の開口径d2の最大値は、ノズル孔12Aの開口径d1の10倍を超えないようにすることが望ましいことが分かった。これは、流路16Aの開口径d2とノズル孔12Aの開口径d1とが極端に異なると、ノズル孔12Aに向けて液体の流路の断面積が急激に絞られることになり、ノズル孔12Aへの液体の供給が不安定になるからであると考えられる。

50

## 【0016】

本実施形態によれば、S O I 層 2 0 を用いることにより、ノズル孔 1 2 A や流路 1 6 A のサイズ、形状及び位置を高い精度で形成することができる。すなわち、後に詳述するように、半導体装置の製造において用いられるリソグラフィやドライエッチングなどの微細加工技術を用いることにより、ノズル孔 1 2 A や流路 1 6 A を高い精度で形成することができる。その結果として、着弾特性や飛翔特性などの動作特性に優れたノズルプレート 1 0 を提供できる。

## 【0017】

また、本実施形態によれば、このような S O I 層 2 0 の上にガラス層 4 0 を積層させ、ガラス層 4 0 に形成した液室 4 0 A からインクなどの液体を供給することにより、ノズルプレート 1 0 の機械的な強度を向上させ、同時にクロストークを抑制して安定した着弾特性や飛翔特性が得られる。すなわち、S O I 層 2 0 の厚みは例えば 2 0 0 マイクロメータ程度と薄くして加工を容易にしつつ、ガラス層 4 0 を接合することによって、機械的な強度を十分に高めることができる。さらに、隣接するノズル孔 1 2 A 同士の間は、ガラス層 4 0 により仕切られているため、それぞれのノズル孔 1 2 A において液体が吐出される際に生ずる液体の流れの影響が緩和され、周囲のノズル孔 1 2 A に与える影響が抑制される。

## 【0018】

この場合、ガラス層 4 0 を接合する代わりに、もともとの S O I 層 2 0 の厚みを厚くすることも考えられる。例えば、第 2 のシリコン層 1 6 の厚みを 1 ミリメータあるいはそれ以上とすれば、機械的な強度も確保でき、液室を形成してクロストークを抑制することも可能である。しかし、厚みが 1 ミリメータあるいはそれ以上にも及ぶシリコン層を加工して液室や流路を形成することは容易でなく、量産化は困難である。これに対して、本実施形態によれば、ガラス層 4 0 を接合することにより、量産も容易で高性能のノズルプレートを提供できる。

## 【0019】

またさらに、本実施形態によれば、S O I 層 2 0 とガラス層 4 0 とを陽極接合により接合することで、接着剤などを用いた場合に生ずる不純物の影響を排除することができる。この点については、後に詳述する。

## 【0020】

次に、本実施形態のノズルプレートの製造方法について説明する。

図 3 は、本実施形態のノズルプレートの製造方法を例示する工程断面図である。なお、図 3 以降の各図については、既出の図に表したものと同様の要素には同一の符号を付して詳細な説明は適宜省略する。

第 1 のシリコン層 1 2 、酸化シリコン層 1 4 、第 2 のシリコン層 1 6 を積層した S O I ウェーハの表面まずエッチングして表面の酸化膜を除去する。ここで用いる S O I ウェーハは、第 1 のシリコン層 1 2 及び第 2 のシリコン層 1 6 の正面の結晶方位が例えば (1 0 0) 面のものとすることができる。ただし、本実施形態における第 1 のシリコン層 1 2 及び第 2 のシリコン層 1 6 は必ずしも単結晶である必要はなく、例えば、C V D (Chemical Vapor Deposition) 法などにより形成された多結晶体であってもよい。

このような S O I ウェーハを水蒸気を含む酸素雰囲気で摂氏 1 1 0 0 度で約 1 0 時間の熱処理を施すことにより、図 3 (a) に表したように、S O I ウェーハの表面に厚みが 2 マイクロメータ程度の酸化膜 2 0 0 を形成することができる。

## 【0021】

次に、レジストを用いたフォトリソグラフィにより酸化膜 2 0 0 をパターニングして、図 3 (b) に表したように、開口 2 0 0 A 及び 2 0 0 B を形成する。

次に、図 3 (c) に表したように、開口 2 0 0 A に露出する第 1 のシリコン層 1 2 をエッチングしてノズル孔 1 2 A を形成する。この際に、例えば、I C P (Inductive Coupled Plasma) を用いた R I E (Reactive Ion Etching) などの方法により、フッ素系や塩素系のエッチングガスなどを用いて、開口 2 0 0 A をマスクとして略垂直なノズル孔 1 2 A

10

20

30

40

50

を形成することができる。また、酸化シリコン層14をエッティングストップとして用いることにより、第1のシリコン層12のみをエッティングすることができる。すなわち、ハロゲン系のエッティングガスを用いた場合、シリコンに対するエッティング速度に比較して酸化シリコンに対するエッティング速度を十分に低くすることが可能であるので、酸化シリコン層14をエッティングストップとして用いることができる。

#### 【0022】

次に、図3(d)に表したように、開口200Bに露出する第2のシリコン層16をエッティングして流路16Aを形成する。この際に、前述したようにICPやRIEなどの方法を用いれば、開口200Bをマスクとして第2のシリコン層16を略垂直にエッティングすることができる。10

次に、図3(e)に表したように、流路16Aの底に露出した酸化シリコン層14と、SOIウェーハの表面を覆う酸化膜200と、を除去する。この際には、例えばフッ酸系のエッチャントを用いたウェットエッティングを用いることができる。このようにして流路16Aとノズル孔12Aとが連通する。その後、SOIウェーハをダイシングして、ノズルプレートに搭載するSOI層20を切り出す。

#### 【0023】

このようして得られるSOI層20のノズル孔12A及び流路16Aのサイズと位置は、例えば、プラスマイナス1マイクロメータ以内の精度で安定的に形成することができる。その結果として、高い精度のノズルプレートを確実且つ容易に製造することができる。20

#### 【0024】

この後に、別途、液室40Aを形成したガラス層40と、SOI層20と、を陽極接合により接合することで、図1及び図2に表したノズルプレート10が完成する。

ここで、陽極接合(anodic bonding)は、可動イオンを含むガラスとシリコンとを重ね合わせ、熱と電圧を加えることにより密着接合する方法である。ガラスとシリコンとを重ね合わせて、摂氏300~400度程度に加熱し、ガラス側を陰極、シリコン側を陽極となるように、例えば数100ボルト程度の電圧を印加する。雰囲気は、大気でもよく、窒素などでもよい。すると、電気的二重層が発生してガラス中に含まれる陽イオンが陰極側に強制的に拡散する。その結果として、ガラスとシリコンとの間に静電引力が発生して密着が促され、ガラスとシリコンとが化学反応により接合される。30

#### 【0025】

陽極接合は固相で実施できるので、SOI層20とガラス層40とを高い位置精度で接合することが可能となる。つまり、SOI層20とガラス層40とのズレを抑制できる。また、接着剤などを用いないので、不純物の影響がない。すなわち、図2に表したように、SOI層20とガラス層40との接合端面は、液室40A及び流路16Aに露出する。従って、SOI層20とガラス層40とを接着剤で接合した場合には、液室40A及び流路16Aに貯留されるインクなどの液体と、接着剤と、が接触することとなる。この場合、接着剤に含まれる成分がインクなどの液体に溶出してこれを変質させることがあり、またこれとは逆に、インクなどの液体に含まれる成分が接着剤を変質させることもある。

#### 【0026】

これに対して、陽極接合を用いることにより、SOI層20とガラス層40との接合界面に不純物は存在せず、インクなどの液体を変質させたり、接合界面において変質が生ずるおそれもない。その結果として、各種の吐出液体に対して、長期に亘り安定的に動作可能なノズルプレートを提供できる。40

#### 【0027】

なお、陽極接合するガラス層40は、その全体に亘り可動イオンを含有する必要はない。例えば、石英のように可動イオンを含有しないガラス層を用いる場合、その接合界面の付近に、可動イオンとなる元素を拡散などの方法で導入すればよい。または、石英の表面に、可動イオンを含有するガラスの層を塗布やコーティングなどの方法で形成してもよい。これらの方によれば、可動イオンを含有しないガラス層40をSOI層20に陽極接合

10

20

30

40

50

合することが可能となる。

#### 【0028】

以下、本実施形態のノズルプレートのさらなる特徴点について説明する。

図4は、ノズル孔12Aの開口形状について説明するための模式図である。すなわち、図4(a)は図2と同様の断面構造を表し、図(b)~(d)は、図4(a)において符号Aにより表した部分の拡大図である。

ノズル孔12Aの出口側の開口径d11と、入口側の開口径d12と、が図4(b)に表したように $d_{11} < d_{12}$ なる関係にある場合、及び図4(c)に表したように $d_{11} = d_{12}$ なる関係にある場合には、ノズル孔12Aから吐出される液体の着弾特性や飛翔特性は概ね良好となる。これに対して、図4(d)に表したように、 $d_{11} > d_{12}$ となる場合には、ノズル孔12Aから吐出される液体が周囲に飛散する傾向がみられ、着弾特性や飛翔特性が低下する。従って、ノズル孔12Aの出口側の開口径d11は、入口側の開口径d12と同等かそれ以下とすることが望ましい。10

#### 【0029】

なお、このような開口形状を得るために、図3(c)に関して前述したプロセスにおいて、例えば、堆積性のやや高いエッティング条件を採用するとよい。すなわち、エッティングガスを用いたドライエッティングのプロセスにおいては、被エッティング体のエッティングと同時に、エッティングにより生じた生成物などの堆積も進行することがある。この場合、生成物の堆積は、エッティングにより形成した開口の側壁においてより顕著に生ずることがある。つまり、エッティングにより形成する開口の側壁についてみると、側壁の上方のほうが下方よりも堆積が進行する。その結果として、開口の側壁の上方よりも下方において横方向のエッティングによる開口径の広がりが生ずることがある。この特性を利用すると、図4(b)に表したような開口形状のノズル孔12Aを形成することも容易となる。20

#### 【0030】

図5は、本実施形態の第2の具体例を表す模式断面図である。

本具体例においては、流路16Aがノズル孔12Aに向けて集束する開口形状を有する。このような開口形状にした場合、液室40Aからノズル孔12Aに向けたインクなどの液体の流れをより円滑にすることが可能となり、着弾特性や飛翔特性をさらに向上させることができるとなる。なお、このような集束した開口形状は、例えば、図3(d)に関して前述したプロセスにおいて、シリコンの面方位に対してエッティング異方性を有するウェットエッティングを用いることにより実現可能である。または、フッ素などのエッティングガスを用いたドライエッティングにおいて、等方的にエッティングが進行する条件でエッティングすることにより、開口200Bの周囲の酸化膜200の下の第2のシリコン層16をアンダーカットし、図5に表したような集束形状の流路16Aを形成することができる。30

#### 【0031】

図6は、本実施形態の第3の具体例を表す模式断面図である。

本具体例においては、流路16Aの開口径d2と、液室40Aの開口径d3と、がほぼ同一とされている。例えば、ノズル孔12Aの開口径d1が小さい場合は、このように、d2とd3をほぼ同一とすることで、液体の流れが急激に絞られる部分をなくし、ノズル孔12Aまで円滑に供給することができる場合がある。ひとつの具体例として、例えば、ノズル孔12Aの開口径d1を20マイクロメータとした時に、流路16Aの開口径d2と液室40Aの開口径d3をいずれも200マイクロメータ程度とすることができる。40

#### 【0032】

図7は、本実施形態の第4の具体例を表す模式断面図である。

本具体例は、図5に表した具体例と図6に表した具体例とを組み合わせたものである。すなわち、流路16Aの上端の開口径d2は液室40Aの開口径d3とほぼ同一とされ、さらに流路16Aはノズル孔12Aに向けて集束した開口形状を有する。このようにすれば、液体の流れが急激に絞られる部分をさらに少なくし、ノズル孔12Aまでさらに円滑に供給することができる場合がある。50

## 【0033】

図8は、本実施形態の第5の具体例を表す模式断面図である。

本具体例においては、SOI層20の上に、薄いガラス層52が設けられ、その上に、液室層54が設けられている。液室層54は、金属や無機材料により形成され、液室50Aが形成されている。本具体例の構造は、液室層54の表面にガラス層52を形成し、このガラス層52とSOI層20とを陽極接合することにより得られる。例えば、液室層54の表面にスパッタや塗布などの方法で可動イオンを含有するガラス層52を形成し、ガラス層52とSOI層40とを陽極接合することができる。この場合、ガラス層52の厚みは数マイクロメータ程度でよい。

## 【0034】

10

液室層54は、例えばステンレスや白金、タンタル、ニッケルなどの金属により形成することができる。金属を用いた場合、加工が容易となり、複雑な形状の液室50Aでも短時間で形成できコストを下げることができる。なお、液室層54の材料として金属を用いた場合には、インクなどの液体による腐蝕を防止するために、液体との接触面に被覆層56を設けることが望ましい。被覆層56としては、例えば、塗布などの方法によりガラスなどの層を設けることができる。また、液室層54の材料としてステンレスを用いた場合は、不動態化処理を施すことにより、その表面に被覆層56を形成することができる。

## 【0035】

ノズルプレートを用いて、液晶表示装置や半導体装置などを製造する場合には、吐出させる液体として、例えばフッ酸などの酸やアルカリなどの腐食性の物質を含有した液体を用いる場合も多い。このような場合でも、被覆層56を設けることにより、液室層54の腐蝕を防ぐことができる。

20

## 【0036】

本具体例によれば、液室層54の材料として、ガラス以外の各種のものを用いることができるの、複雑な形状の液室50Aの加工が容易となったり、材料のコストを下げるなどの効果が得られる。

## 【0037】

次に、本発明の第2の実施の形態について説明する。

図9は、本発明の第2の実施の形態のかかるノズルプレートの断面構造を表す模式図である。

30

本実施形態のノズルプレートは、シリコン層12と、ガラス層40と、を有する。これらシリコン層12とガラス層40とは陽極接合により接合されている。シリコン層12にはノズル孔12Aが形成され、ガラス層40には液室40Aが形成されている。そして、図中に挿入した拡大図に表したように、ノズル孔12Aの内壁には、被覆膜13が形成されている。またさらに、シリコン層12の吐出面には、撥水層19が形成されている。

## 【0038】

被覆膜13は、ノズル孔12Aから吐出される液体に対する親和性がシリコンよりも高い材料により形成されている。例えば、ノズル孔12Aから吐出される液体が親水性の場合、シリコンとの親和性は低い。つまり、シリコンは疎水性であり、親水性の液体に対しては撥水効果が表れる。しかし、ノズル孔12Aの内壁に撥水効果が生ずると、インクなどの液体が通過しにくくなり、円滑な吐水が阻害される。この傾向は、ノズル孔12Aの開口径d1が小さくなるほど、顕著となる。

40

## 【0039】

これに対して、本実施形態によれば、ノズル孔12Aの内壁に、液体との親和性がシリコンよりも高い被覆膜13を設けることにより、ノズル孔12Aの内壁での撥水効果を抑制する。その結果として、インクなどの液体はノズル孔12Aを円滑に通過でき、ノズル孔12Aの開口径を小さくした場合でも、円滑な吐水を確保できる。

## 【0040】

吐水する液体が親水性の場合には、被覆膜13として例えば酸化シリコンを用いることができる。例えば、純水に対する接触角は、シリコン表面においては60度以上であるが

50

、酸化シリコンの表面においては10度以下にまで下げることができる。

本発明者は、ノズル孔12Aの開口径を20マイクロメータとし、被覆膜13として熱酸化法により約100ナノメータの厚みの熱酸化膜を形成したノズルプレートと、このような被覆膜13を設けないノズルプレートと、をそれぞれ試作して吐出実験を実施した。その結果、親水性のインクを用いた場合、被覆膜13を設けないノズルプレートにおいて不吐ノズル（吐水が不十分であったノズル孔12A）の割合が35パーセントであったのに対し、酸化シリコンからなる被覆膜13を設けたノズルプレートにおいて不吐ノズルの割合は0パーセントにまで改善された。

被覆膜13の材料としてシリコンの熱酸化膜を用いた場合、母体のシリコン層12に対する付着強度が高く、且つ緻密な膜が得られやすい点で有利である。

#### 【0041】

なお、本実施形態における被覆膜13の材料や厚みは、吐出する液体の種類に応じて適宜決定することができる。すなわち、吐出する液体との親和性が高い材料からなる被覆膜13を設けることにより、ノズル孔12Aの内壁での撥水効果を抑制し、円滑な吐水を確保できる。例えば、ベンゼン系やデカン系、あるいはフッ素系などのように水とはなじまない物質を含む液体を吐出させる場合には、これら材料に対する親和性の高い材料からなる被覆膜13を形成すればよい。

#### 【0042】

一方、本実施形態において設けられた撥水層19は、ノズルプレートの吐出面にインクなどの液体が付着しないようにする効果を有する。水溶性の液体を吐出させる場合、撥水層19の材料としては、例えば、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）やテトラフロロエチレン（TFE）などのフッ素系の樹脂を用いることができる。これらフッ素系の樹脂は、撥水性が高く、さらに耐薬品性や耐熱性にも優れる点で有利である。

#### 【0043】

図10は、本実施形態の第2の具体例を表す模式断面図である。

すなわち、本具体例は、図2に関して前述したノズルプレート10に、被覆膜13と撥水層19とを設けたものである。本具体例によれば、第1実施形態に関して前述した効果と、本実施形態による効果とを併せて得られる。その結果として、ノズル孔12Aの開口径を小さくしたような場合でも、その位置や形状などを精密に形成でき、且つ液体を円滑に吐出させることにより、着弾特性や飛翔特性などの動作特性に優れたノズルプレートを提供できる。

#### 【0044】

図11は、図10に表したノズルプレートの製造方法を例示するフローチャートである。まず、ノズル孔12Aを形成する（ステップS12）。これは、図3（a）～（c）に関して前述した如くである。そして、流路16Aを形成する（ステップS14）。これは、図3（d）及び（e）に関して前述した如くである。

#### 【0045】

しかる後に、被覆膜13としてシリコン酸化膜を形成する（ステップS16）。シリコン酸化膜の形成方法としては、例えば、熱酸化法でもよく、あるいは酸化性の液体に接触させる方法でもよく、またはスパッタやCVD（Chemical Vapor Deposition）などにより堆積させてもよい。その後、SOI層20とガラス層40とを陽極接合する（ステップS18）。

#### 【0046】

本具体例の場合、陽極接合の前に、被覆膜13としてのシリコン酸化膜を形成するので、高温プロセスも可能である。すなわち、陽極接合の際の温度は摂氏400度程度であり、接合した後に、これよりも温度を上げると、SOI層20とガラス層40との熱膨張率の違いなどにより剥離や破損が生ずる場合もある。これに対して、本具体例によれば、陽極接合する前にシリコン酸化膜を形成するので、熱酸化法などの高温プロセスを実施することができる。

#### 【0047】

10

20

30

40

50

図12は、図10に表したノズルプレートの製造方法のもうひとつの具体例を例示するフローチャートである。

本具体例においても、まず、ノズル孔12Aを形成し(ステップS12)、流路16Aを形成する(ステップS14)。

#### 【0048】

しかる後に、陽極接合を実施する(ステップS18)。その後、被覆膜13としてシリコン酸化膜を形成する(ステップS16)。この場合、シリコン酸化膜を形成するプロセスにおいて高温に加熱することはできないが、熱酸化法の他にもシリコン酸化膜を形成する方法を採用することができる。

#### 【0049】

例えは、硫酸などの酸と過酸化水素水とを混合した液体にシリコンを接触させることにより、シリコンの表面に厚みが1ナノメータあるいはそれ以上のシリコン酸化膜を形成することができる。同様に、オゾン水や、酸とオゾン水との混合液、あるいは過酸化水素水のいずれかとシリコンとを接触させることによっても、シリコンの表面に厚みが1ナノメータあるいはそれ以上のシリコン酸化膜を形成することができる。また、スパッタやCVDを採用することもできる。

これらいずれの方法の場合も、陽極接合の温度よりも低温でシリコン酸化膜を形成することができる。従って、ガラス層40と陽極接合した後に、被覆膜13としてのシリコン酸化膜を形成することが可能である。

#### 【0050】

次に、本発明の第3の実施の形態として、ガラス層40及び液滴吐出ヘッドと液滴吐出装置の具体例について説明する。

図13は、ガラス層40の具体例を表す模式図である。すなわち、図13(a)は、ガラス層40の断面図であり、図13(b)は、ガラス層40の平面図である。なお、図13(a)は図13(b)のA-A線断面図であり、図13(b)は、SOI層20に接合される接合面40Cとは反対側の主面40Dから眺めた模式図である。

#### 【0051】

ガラス層40の中央には、液室40Aが一定の間隔で長辺方向に形成されている。これら液室40Aのそれぞれからガラス層40の短辺方向に液体の導入路40Bが連設されている。

#### 【0052】

図14(a)は、図13(b)の符号Bの部分の拡大図である。また、図14(b)は、図14(a)のX-X線断面図である。

ガラス層40の接合面40Cに開口した液室40Aは、接合面40Cとは反対側の主面40Dの側に設けられた導入路40Bに連通し、導入路40Bからインクなどの液体の供給を受ける。

#### 【0053】

図15は、本実施形態にかかる液滴吐出ヘッドの構造を例示する模式断面図である。

すなわち、液滴吐出ヘッドの駆動方式としては、加熱により気泡を発生させ膜沸騰現象を利用して液体を吐出させる「サーマル型」と、圧電素子の屈曲変位を利用して液体を吐出させる「圧電型」と、があるが、説明の便宜上、ここでは圧電型を例にとって説明をする。

#### 【0054】

図14に示すように、液滴吐出ヘッド100は、ノズルプレート10の上に設けられた可撓性膜130と、可撓性膜130の上に設けられた圧電素子140と、を備えている。「圧電型」の場合は、可撓性膜130と圧電素子140とが、液室40A内の液体に圧力を加える加圧手段となる。圧電素子140は、例えば、下部材142、駆動電極144、上部材146、駆動電極148をこの順に積層した後、一体焼成したものである。このように一体焼成された圧電素子140は、強度が高く取扱も容易となる。

#### 【0055】

10

20

30

40

50

ガラス層 40 の表面（上面）に開口するように、導入路 40B が設けられ、導入路 40B の開口部を覆うように可撓性膜 130 が設けられている。導入路 40B の開口部側と対向する側には、液室 40A が連通している。

#### 【 0 0 5 6 】

圧電素子 140 の屈曲変位による圧力波が、液室 40A から流路 16A、ノズル孔 12A 内の液体に伝わりやすくなるように、液室 40A の直上に圧電素子 140 を設けるようにすることが好ましい。

#### 【 0 0 5 7 】

可撓性膜 130 の材質はポリエチレンテレフタレートなどとすることができます。また、圧電素子 140 の下部材 142 と上部材 146 の材質は、圧電セラミックス（例えば、ジルコンチタン酸鉛）とすることができます。駆動電極 144 と駆動電極 148 は銅合金などとすることができます。ただし、これらの材質は、例示したものに限定されるわけではなく、種々の変更が可能である。10

#### 【 0 0 5 8 】

また、各要素の配置や形状についても、図 15 に例示したものに限定されるわけではなく、種々の変更が可能である。例えば、それぞれの液室 40A が専用に設けられた導入路 40B に連通していなくてもよく、一つの共通の導入路 40B に複数の液室 40A が連通するようになっていてもよい。圧電素子 140 の構造上、下部材 142 が振動板、上部材 146 が圧電体となるが、これに限定されるわけではなく、また、変位を生じさせる各種の駆動形式を採用することもできる。20

#### 【 0 0 5 9 】

図 16 は、本実施形態にかかる液滴吐出装置を例示するブロック図である。

この液滴吐出装置は、インクなどの吐出すべき液体が貯留された液体タンク 300 と、液滴を吐出する液滴吐出ヘッド 100 と、吐出された液滴を受け取る被処理体を保持する被処理体保持部 400 と、液滴吐出ヘッド 100 と被処理体保持部 400 とを相対的に移動させる駆動部 500 と、液滴吐出ヘッド 100 と被処理体保持部 400 と駆動部 500 とを制御する制御部 600 と、を備える。

#### 【 0 0 6 0 】

本実施形態によれば、被処理体保持部 400 に保持された紙などに印刷したり、あるいは、液晶表示装置などのフラットパネル表示装置を構成するガラス基板にレジストやカラーフィルタなどのパターンを形成したり、半導体ウェーハ上にレジストや絶縁層などのパターンを形成することができる。30

#### 【 0 0 6 1 】

そして、高い精度で形成され、クロストークの影響も少ない本実施形態のノズルプレートを用いることにより、微細なパターンを高い精度で再現性よく印刷あるいは形成することができる。

#### 【 0 0 6 2 】

以上、具体例を参照しつつ、本発明の実施の形態について説明をした。しかし、本発明はこれらの具体例に限定されるものではない。すなわち、前述の具体例に関して、当業者が適宜設計変更を加えたものも、本発明の特徴を備えている限り、本発明の範囲に含まれる。40

#### 【 0 0 6 3 】

例えば、本発明はマルチノズル型の液滴吐出ヘッドのみならず単一のノズル孔を有する液滴吐出ヘッドなどにも適用することができる。また、具体例として例示した、ノズルプレート、液滴吐出ヘッド、液滴吐出装置などの各要素の形状、寸法、材質、配置などは、例示したものに限定されるわけではなく適宜変更をすることができる。

また、前述した各具体例が備える各要素は、可能な限りにおいて組み合わせることができ、これらを組み合わせたものも本発明の特徴を含む限り本発明の範囲に包含される。

また、ノズルプレートの製造方法についても例示したものに限定されるわけではなく適宜変更をすることができる。50

**【図面の簡単な説明】****【0064】**

【図1】本発明の第1の実施の形態に係るノズルプレートをそのノズル孔の方向から眺めた模式外観図である。

【図2】図1のA-A断面図である。

【図3】本実施形態のノズルプレートの製造方法を例示する工程断面図である。

【図4】ノズル孔12Aの開口形状について説明するための模式図である。

【図5】本実施形態の第2の具体例を表す模式断面図である。

【図6】本実施形態の第3の具体例を表す模式断面図である。

【図7】本実施形態の第4の具体例を表す模式断面図である。

【図8】本実施形態の第5の具体例を表す模式断面図である。

【図9】本発明の第2の実施の形態のかかるノズルプレートの断面構造を表す模式図である。

【図10】本実施形態の第2の具体例を表す模式断面図である。

【図11】図10に表したノズルプレートの製造方法を例示するフローチャートである。

【図12】図10に表したノズルプレートの製造方法のもうひとつの具体例を例示するフローチャートである。

【図13】ガラス層40の具体例を表す模式図である。

【図14】(a)は、図13(b)の符号Bの部分の拡大図であり、(b)は、図14(a)のX-X線断面図である。

【図15】本実施形態にかかる液滴吐出ヘッドの構造を例示する模式断面図である。

【図16】本実施形態にかかる液滴吐出装置を例示するブロック図である。

**【符号の説明】****【0065】**

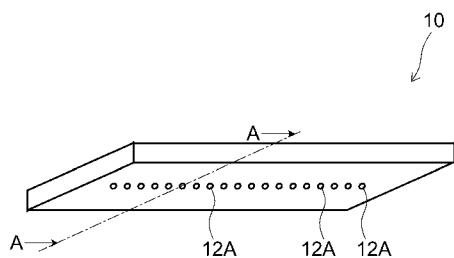
10 ノズルプレート、12 第1のシリコン層(シリコン層)、12A ノズル孔、13 被覆膜、14 酸化シリコン層、16 第2のシリコン層、16A 流路、19 撥水層、40 ガラス層、40A 液室、40B 導入路、40C 接合面、40D 主面、50A 液室、52 ガラス層、54 液室層、56 被覆層、100 液滴吐出ヘッド、130 可撓性膜、140 圧電素子、142 下部材、144 駆動電極、146 上部材、148 駆動電極、200 酸化膜、200A, 200B 開口、300 液体タンク、400 被処理体保持部、500 駆動部、600 制御部

10

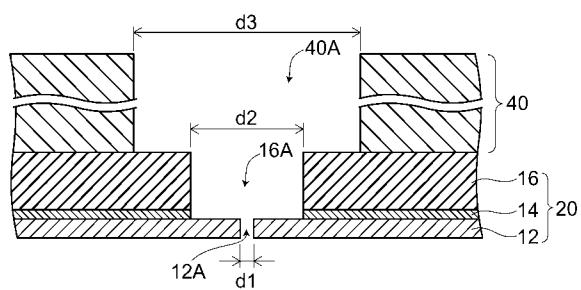
20

30

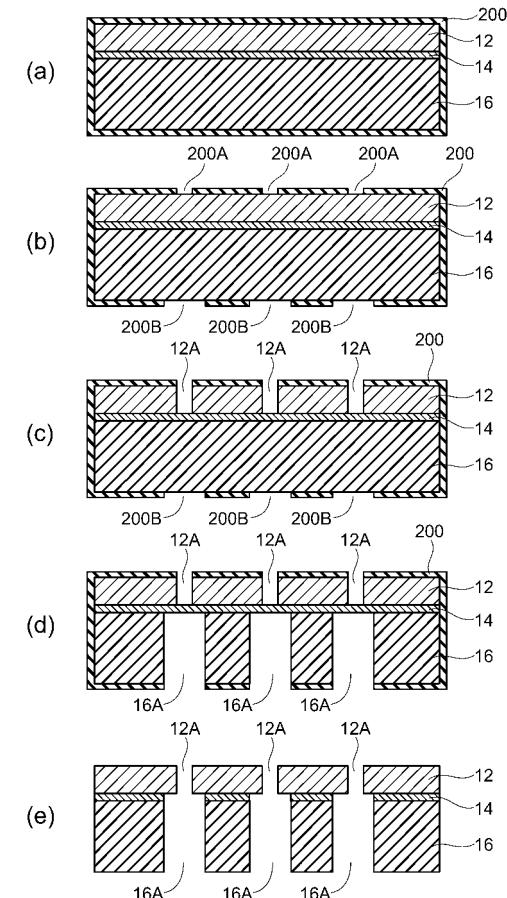
【図1】



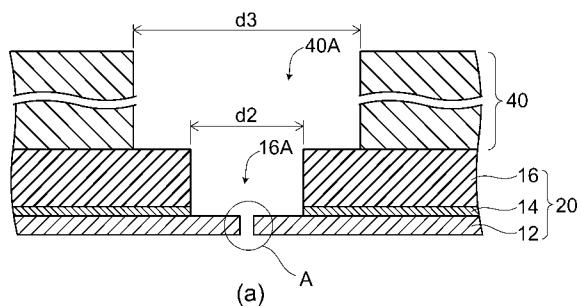
【図2】



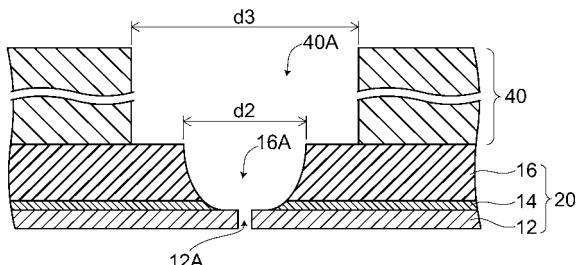
【図3】



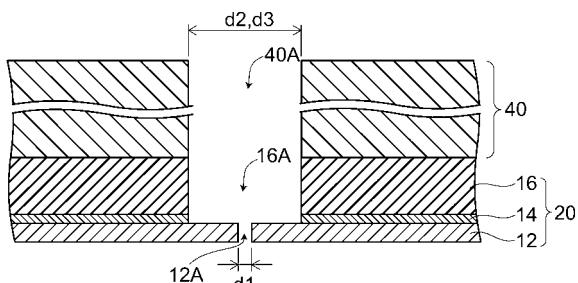
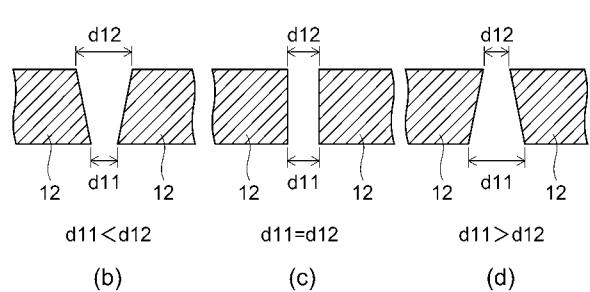
【図4】



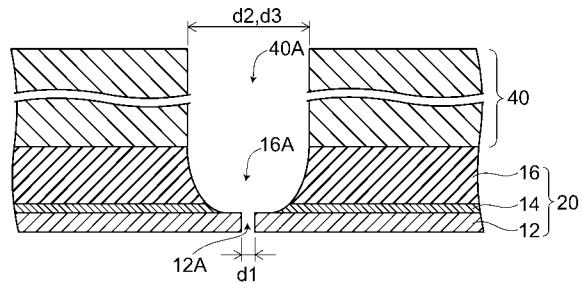
【図5】



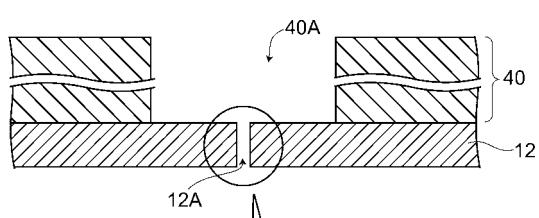
【図6】



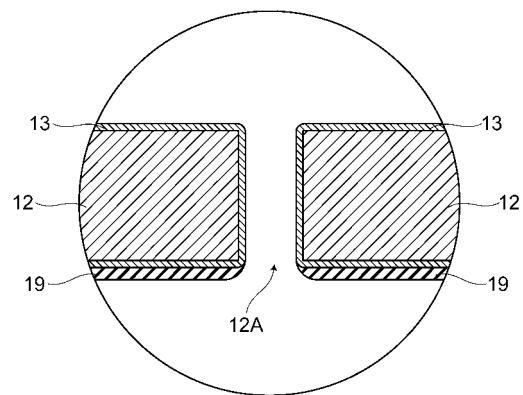
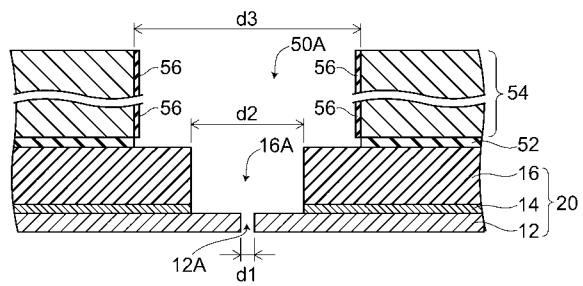
【図7】



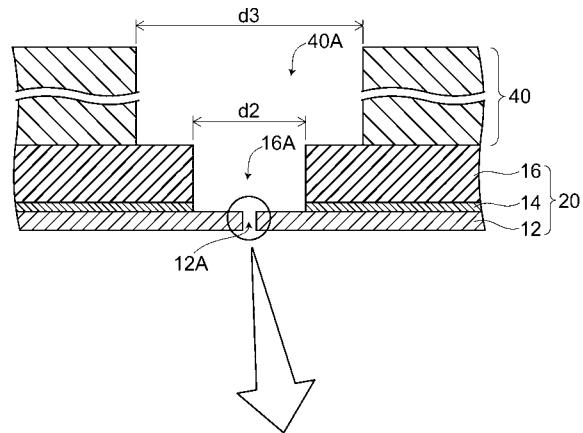
【図9】



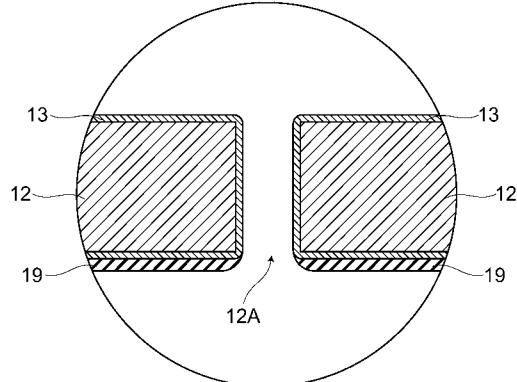
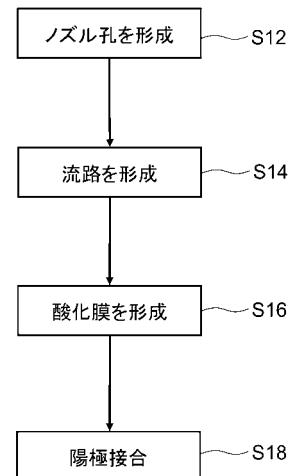
【図8】



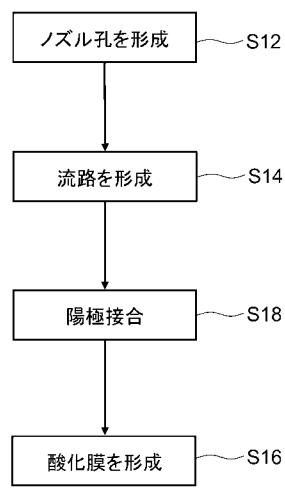
【図10】



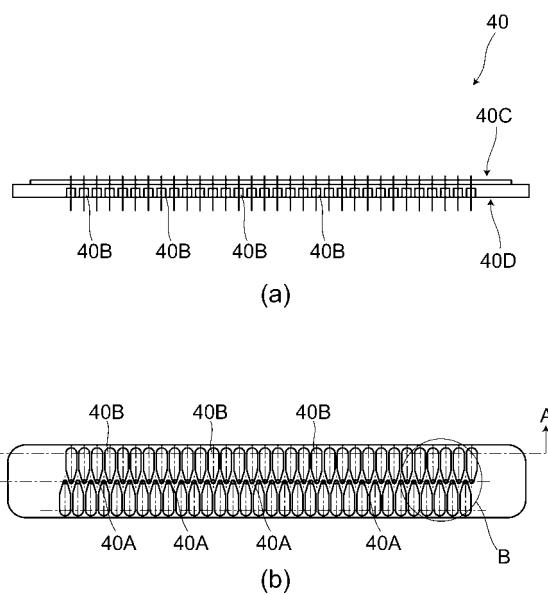
【図11】



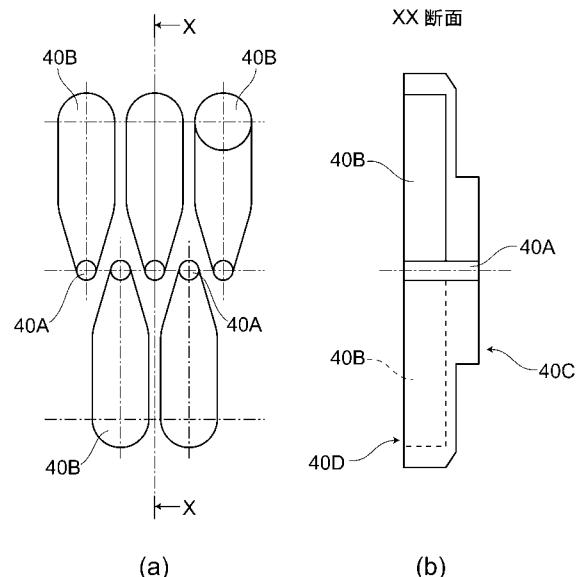
【図12】



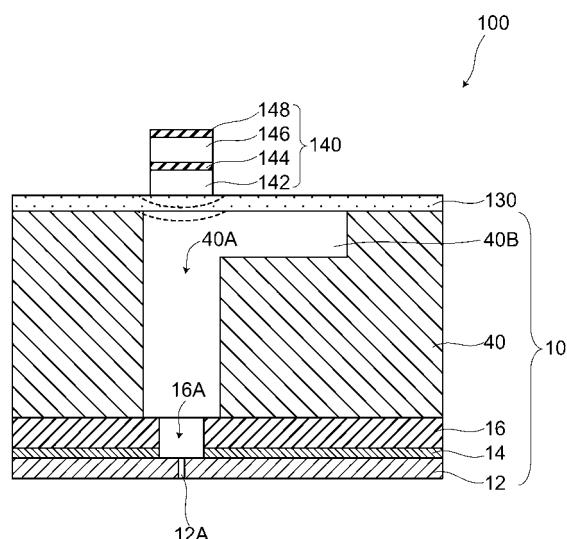
【図13】



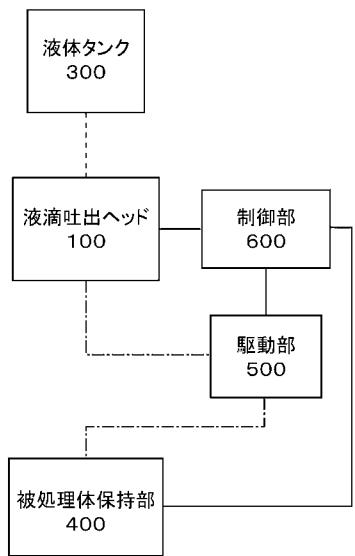
【図14】



【図15】



【図16】



---

フロントページの続き

審査官 鈴木 友子

- (56)参考文献 特開2003-266394(JP,A)  
特開2004-209707(JP,A)  
特開2001-212966(JP,A)  
特開2004-237448(JP,A)  
特開2006-175765(JP,A)  
特開2005-96188(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

- B 41 J 2 / 135  
B 41 J 2 / 045  
B 41 J 2 / 055