

(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 I

B 4 1 J 2/135 (2006.01)

B 4 1 J 3/04 1 O 3 N

B 4 1 J 2/045 (2006.01)

B 4 1 J 3/04 1 O 3 A

B 4 1 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】

50

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。

#### 【 0 0 0 3 】

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、S O I (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 S O I 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 - 2 1 6 3 6 8 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

#### 【 0 0 0 4 】

しかし、S O I ウェーハはその全体の厚みが 2 0 0 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、そのままの状態では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。

#### 【 0 0 0 5 】

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。

#### 【 0 0 0 6 】

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】

#### 【 0 0 0 7 】

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。

#### 【 0 0 0 8 】

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。

#### 【 0 0 0 9 】

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。

【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】

【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る。

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。

また、例えばノズル孔１２Ａの開口径 $d_1$ を２０マイクロメータとした場合、流路１６Ａの開口径 $d_2$ は２００マイクロメータ、液室の開口径 $d_3$ 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 $d_2$ の最大値は、ノズル孔１２Ａの開口径 $d_1$ 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 $d_2$ とノズル孔１２Ａの開口径 $d_1$ 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。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 6 】

本実施形態によれば、ＳＯＩ層２０を用いることにより、ノズル孔１２Ａや流路１６Ａ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１２Ａや流路１６Ａ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１０を提供できる。

## 【 0 0 1 7 】

また、本実施形態によれば、このようなＳＯＩ層２０の上にガラス層４０を積層させ、ガラス層４０に形成した液室４０Ａ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１０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、ＳＯＩ層２０の厚みは例えば２００マイクロメートル程度と薄くして加工を容易にしつつ、ガラス層４０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１２Ａ同士の間は、ガラス層４０により仕切られているため、それぞれのノズル孔１２Ａ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１２Ａに与える影響が抑制される。

## 【 0 0 1 8 】

この場合、ガラス層４０を接合する代わりに、もともとのＳＯＩ層２０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１６の厚みを１ミリメートル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ミリメートル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４０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。

## 【 0 0 1 9 】

またさらに、本実施形態によれば、ＳＯＩ層２０とガラス層４０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。

## 【 0 0 2 0 】

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１２、酸化シリコン層１４、第２のシリコン層１６を積層したＳＯＩ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ＳＯＩウェーハは、第１のシリコン層１２及び第２のシリコン層１６の主面の結晶方位が例えば（１００）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１２及び第２のシリコン層１６は必ずしも単結晶である必要はなく、例えば、ＣＶＤ（Chemical Vapor Deposition）法などにより形成された多結晶であってもよい。

このようなＳＯＩウェーハを水蒸気を含む酸素雰囲気中で摂氏１１００度で約１０時間の熱処理を施すことにより、図３（ａ）に表したように、ＳＯＩウェーハの表面に厚みが２マイクロメートル程度の酸化膜２００を形成することができる。

## 【 0 0 2 1 】

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２００をパターニングして、図３（ｂ）に表したように、開口２００Ａ及び２００Ｂを形成する。

次に、図３（ｃ）に表したように、開口２００Ａに露出する第１のシリコン層１２をエッチングしてノズル孔１２Ａを形成する。この際に、例えば、ＩＣＰ（Inductive Coupled Plasma）を用いたＲＩＥ（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２００Ａをマスクとして略垂直なノズル孔１２Ａ

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 をエッチングストッパとして用いることにより、第 1 のシリコン層 12 のみをエッチングすることができる。すなわち、ハロゲン系のエッチングガスを用いた場合、シリコンに対するエッチング速度に比較して酸化シリコンに対するエッチ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 をエッチングストッパ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 をエッチングして流路 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 を略垂直にエッチ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チ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】

このようにして得られる 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 マイクロメートル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に且つ容易に製造することが可能となる。

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】

40

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。

#### 【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。これらの方法によれば、可動イオンを含有しないガラス層 40 を SOI 層 20 に陽極接

50

合することが可能となる。

【 0 0 2 8 】

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 1 2 A 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 1 2 A の出口側の開口径  $d_{11}$  と、入口側の開口径  $d_{12}$  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 1 2 A 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 1 2 A 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 1 2 A の出口側の開口径  $d_{11}$  は、入口側の開口径  $d_{12}$  と同等かそれ以下とすることが望ましい。

【 0 0 2 9 】

なお、このような開口形状を得るためには、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チング条件を採用するとよい。すなわち、エッチングガスを用いたドライエッチングのプロセスにおいては、被エッチング体のエッチングと同時に、エッチ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、エッチ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、エッチ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チ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 1 2 A を形成することも容易となる。

【 0 0 3 0 】

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 1 6 A がノズル孔 1 2 A 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 4 0 A からノズル孔 1 2 A 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可能となる。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チング異方性を有するウェットエッチングを用いることにより実現可能である。または、フッ素などのエッチングガスを用いたドライエッチングにおいて、等方的にエッチングが進行する条件でエッチングすることにより、開口 2 0 0 B の周囲の酸化膜 2 0 0 の下の第 2 のシリコン層 1 6 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 1 6 A を形成することができる。

【 0 0 3 1 】

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 1 6 A の開口径  $d_2$  と、液室 4 0 A の開口径  $d_3$  と、がほぼ同一とされている。例えば、ノズル孔 1 2 A の開口径  $d_1$  が小さい場合などは、このように、 $d_2$  と  $d_3$  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 1 2 A 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 1 2 A の開口径  $d_1$  を 2 0 マイクロメートルとした時に、流路 1 6 A の開口径  $d_2$  と液室 4 0 A の開口径  $d_3$  をいずれも 2 0 0 マイクロメートル程度とすることができる。

【 0 0 3 2 】

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 1 6 A の上端の開口径  $d_2$  は液室 4 0 A の開口径  $d_3$  とほぼ同一とされ、さらに流路 1 6 A はノズル孔 1 2 A 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 1 2 A までさらに円滑に供給することができる場合がある。

## 【 0 0 3 3 】

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、S O I 層 2 0 の上に、薄いガラス層 5 2 が設けられ、その上に、液室層 5 4 が設けられている。液室層 5 4 は、金属や無機材料により形成され、液室 5 0 A が形成されている。本具体例の構造は、液室層 5 4 の表面にガラス層 5 2 を形成し、このガラス層 5 2 と S O I 層 2 0 とを陽極接合することにより得られる。例えば、液室層 5 4 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 5 2 を形成し、ガラス層 5 2 と S O I 層 4 0 とを陽極接合することができる。この場合、ガラス層 5 2 の厚みは数マイクロメートル程度でよい。

## 【 0 0 3 4 】

10

液室層 5 4 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 5 0 A でも短時間で形成できコストを下げるができる。なお、液室層 5 4 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 5 6 を設けることが望ましい。被覆層 5 6 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 5 4 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 5 6 を形成することができる。

## 【 0 0 3 5 】

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 5 6 を設けることにより、液室層 5 4 の腐蝕を防ぐことができる。

20

## 【 0 0 3 6 】

本具体例によれば、液室層 5 4 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で、複雑な形状の液室 5 0 A 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。

## 【 0 0 3 7 】

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 1 2 と、ガラス層 4 0 と、を有する。これらシリコン層 1 2 とガラス層 4 0 とは陽極接合により接合されている。シリコン層 1 2 にはノズル孔 1 2 A が形成され、ガラス層 4 0 には液室 4 0 A 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 1 2 A の内壁には、被覆膜 1 3 が形成されている。またさらに、シリコン層 1 2 の吐出面には、撥水層 1 9 が形成されている。

## 【 0 0 3 8 】

被覆膜 1 3 は、ノズル孔 1 2 A 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 1 2 A 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 1 2 A 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 1 2 A の開口径  $d_1$  が小さくなるほど、顕著となる。

40

## 【 0 0 3 9 】

これに対して、本実施形態によれば、ノズル孔 1 2 A の内壁に、液体との親和性がシリコンよりも高い被覆膜 1 3 を設けることにより、ノズル孔 1 2 A 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 1 2 A を円滑に通過でき、ノズル孔 1 2 A 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。

## 【 0 0 4 0 】

吐水する液体が親水性の場合には、被覆膜 1 3 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 6 0 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マイクロメートルとし、被覆膜13として熱酸化法により約100ナノメートル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。

10

#### 【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。

20

#### 【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

30

#### 【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）。

40

#### 【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】

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】

10

例えば、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ナノメートル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、シリコンの表面に厚みが1ナノメートル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】

20

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。

30

【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。

40

【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】

50

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

【0056】

圧電素子 140 の屈曲変位による圧力波が、液室 40 A から流路 16 A、ノズル孔 12 A 内の液体に伝わりやすくなるように、液室 40 A 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。

【0057】

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る。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、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る。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。

【0058】

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 40 A が専用設けられた導入路 40 B に連通していなくてもよく、一つの共通の導入路 40 B に複数の液室 40 A 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。

【0059】

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。

【0060】

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。

【0061】

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。

【0062】

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、本発明の範囲に包含される。

【0063】

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る。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。

## 【図面の簡単な説明】

【 0 0 6 4 】

【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觀図である。

【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 1 2 A 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 の実施の形態に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 1 0】本実施形態の第 2 の具体例を表す模式断面図である。

【図 1 1】図 1 0 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 1 2】図 1 0 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 1 3】ガラス層 4 0 の具体例を表す模式図である。

【図 1 4】( a ) は、図 1 3 ( b ) の符号 B の部分の拡大図であり、( b ) は、図 1 4 ( a ) の X - X 線断面図である。

【図 1 5】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 1 6】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】

【 0 0 6 5 】

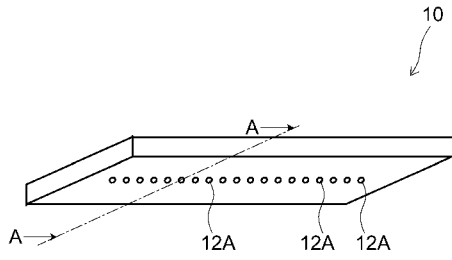
1 0 ノズルプレート、 1 2 第 1 のシリコン層 ( シリコン層 )、 1 2 A ノズル孔、 1 3 被覆膜、 1 4 酸化シリコン層、 1 6 第 2 のシリコン層、 1 6 A 流路、 1 9 撥水層、 4 0 ガラス層、 4 0 A 液室、 4 0 B 導入路、 4 0 C 接合面、 4 0 D 主面、 5 0 A 液室、 5 2 ガラス層、 5 4 液室層、 5 6 被覆層、 1 0 0 液滴吐出ヘッド、 1 3 0 可撓性膜、 1 4 0 圧電素子、 1 4 2 下部材、 1 4 4 駆動電極、 1 4 6 上部材、 1 4 8 駆動電極、 2 0 0 酸化膜、 2 0 0 A , 2 0 0 B 開口、 3 0 0 液体タンク、 4 0 0 被処理体保持部、 5 0 0 駆動部、 6 0 0 制御部

10

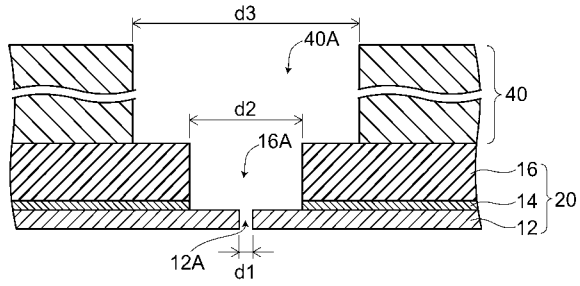
20

30

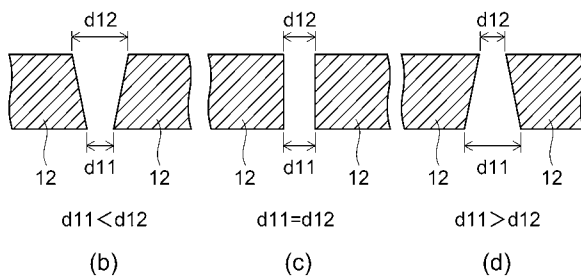
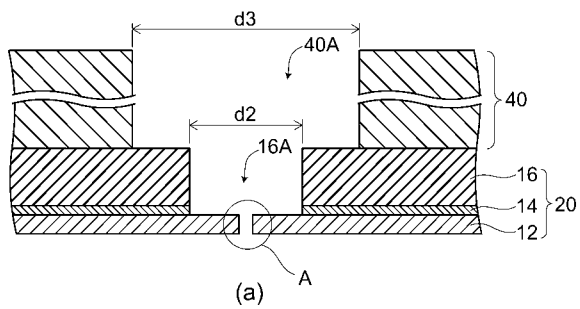
【図 1】



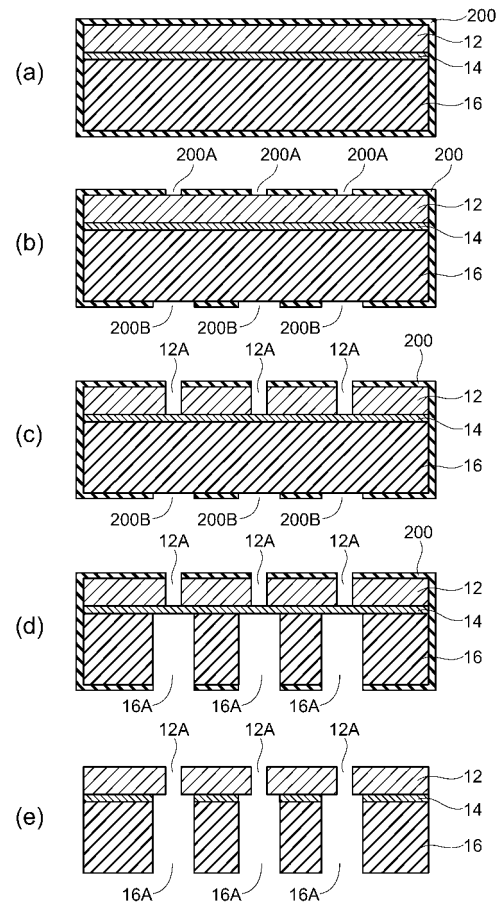
【図 2】



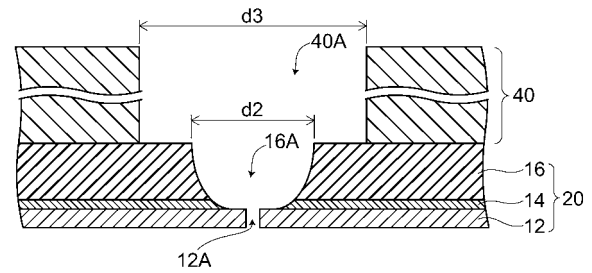
【図 4】



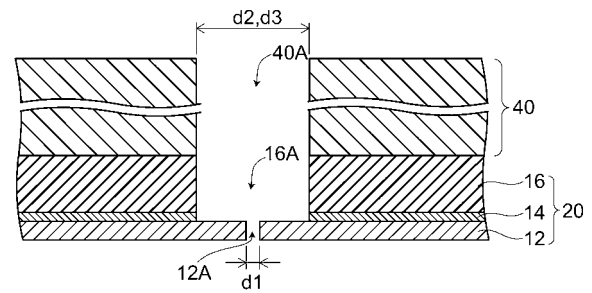
【図 3】



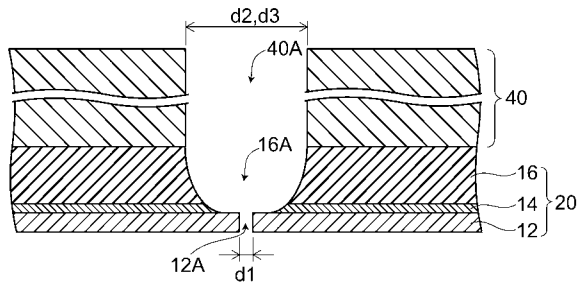
【図 5】



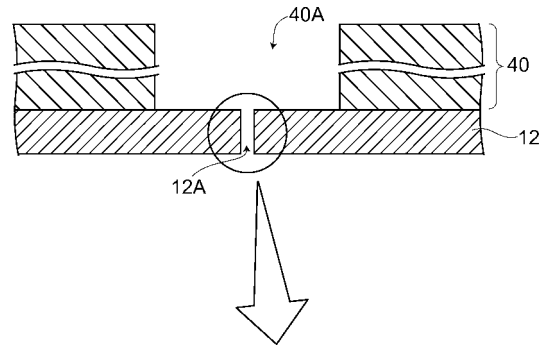
【図 6】



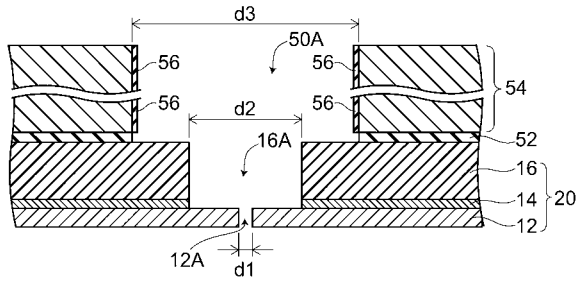
【図 7】



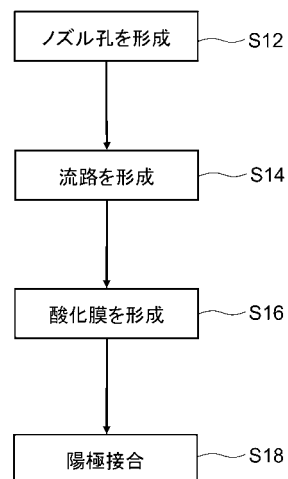
【図 9】



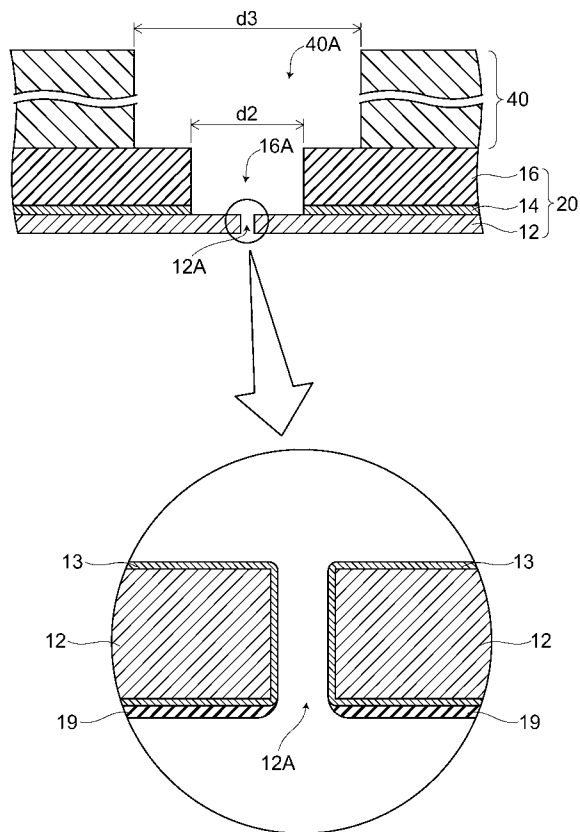
【図 8】



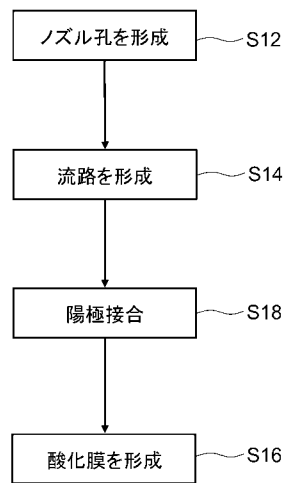
【図 11】



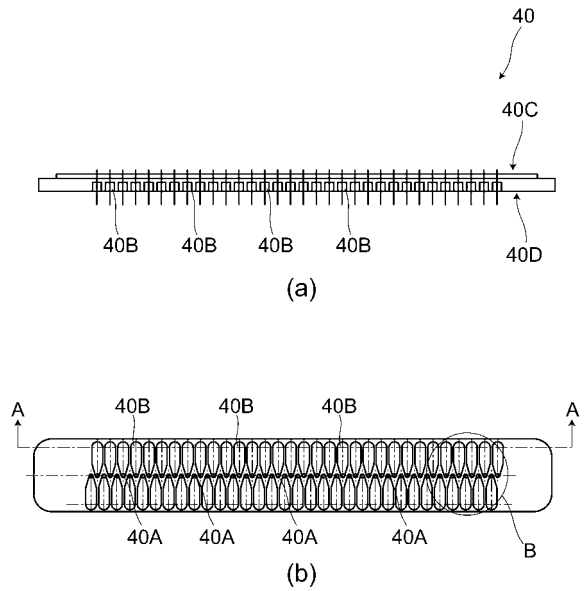
【図 10】



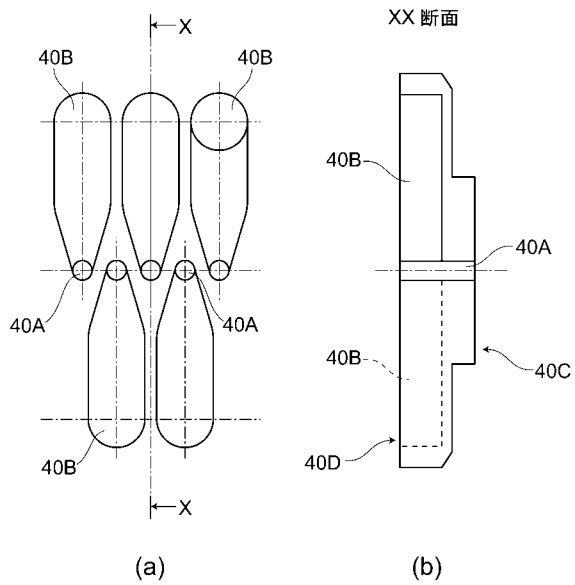
【図 1 2】



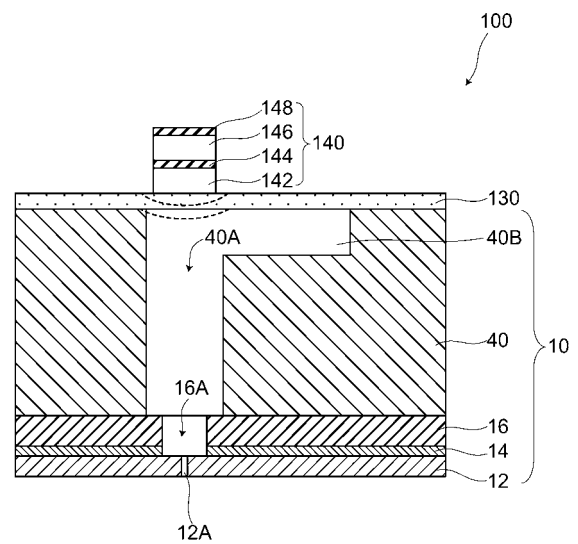
【図 1 3】



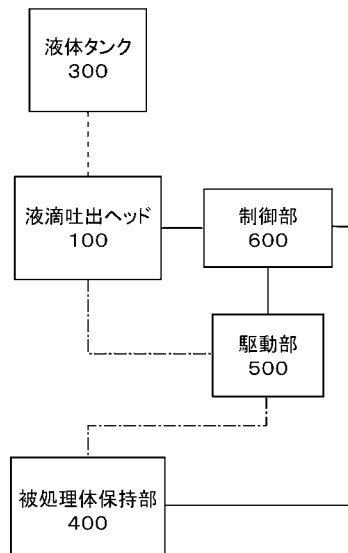
【図 1 4】



【図 1 5】



【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 2 0 0 3 - 2 6 6 3 9 4 ( J P , A )  
特開 2 0 0 4 - 2 0 9 7 0 7 ( J P , A )  
特開 2 0 0 1 - 2 1 2 9 6 6 ( J P , A )  
特開 2 0 0 4 - 2 3 7 4 4 8 ( J P , A )  
特開 2 0 0 6 - 1 7 5 7 6 5 ( J P , A )  
特開 2 0 0 5 - 9 6 1 8 8 ( J P , A )

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
- |         |           |
|---------|-----------|
| B 4 1 J | 2 / 1 3 5 |
| B 4 1 J | 2 / 0 4 5 |
| B 4 1 J | 2 / 0 5 5 |