

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5145985号  
(P5145985)

(45) 発行日 平成25年2月20日 (2013. 2. 20)

(24) 登録日 平成24年12月7日 (2012. 12. 7)

(51) Int. Cl.

F I

**B 4 1 J 2/135 (2006. 01)**

B 4 1 J 3/04 1 O 3 N

**B 0 5 C 5/00 (2006. 01)**

B 0 5 C 5/00 1 O 1

**G 0 2 B 5/20 (2006. 01)**

G 0 2 B 5/20 1 O 1

請求項の数 4 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2008-24949 (P2008-24949)  
 (22) 出願日 平成20年2月5日 (2008. 2. 5)  
 (65) 公開番号 特開2009-184176 (P2009-184176A)  
 (43) 公開日 平成21年8月20日 (2009. 8. 20)  
 審査請求日 平成22年12月9日 (2010. 12. 9)

(73) 特許権者 000002369  
 セイコーエプソン株式会社  
 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号  
 (74) 代理人 100085198  
 弁理士 小林 久夫  
 (74) 代理人 100098604  
 弁理士 安島 清  
 (74) 代理人 100061273  
 弁理士 佐々木 宗治  
 (74) 代理人 100070563  
 弁理士 大村 昇  
 (74) 代理人 100087620  
 弁理士 高梨 範夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ノズル基板及びノズル基板の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

液滴を吐出するノズル部と、前記ノズル部より断面積が大きく前記ノズル部と同軸上に設けられた導入部とを少なくとも備えたノズル孔を複数備えたノズル基板であって、

少なくとも前記ノズル孔の内壁に耐アルカリ性の複数層の耐吐出液保護膜を形成し、

前記複数層の耐吐出液保護膜として、

前記ノズル孔の内壁及び吐出面と反対側の面に形成された SiO<sub>2</sub> 膜からなる第1の耐吐出液保護膜と、

前記ノズル孔の内壁及び吐出面と反対側の面で前記第1の耐吐出液保護膜の上に形成された 金属酸化物を主成分とする第2の耐吐出液保護膜と、

前記吐出面、及び前記ノズル孔の内壁上の前記第1の耐吐出液保護膜の上に、形成された 金属酸化物を主成分とする第3の耐吐出液保護膜とを有し、

前記ノズル孔の内壁及び前記吐出面と反対側の面を除く前記吐出面側で前記第3の耐吐出液保護膜の上に撥水膜を有することを特徴とするノズル基板。

【請求項 2】

前記金属酸化物は、酸化タンタル、酸化ハフニウム、酸化ニオブ、または酸化ジルコニウムのいずれかであることを特徴とする請求項1記載のノズル基板。

【請求項 3】

シリコン基板に、ノズル部と、このノズル部より断面積が大きく前記ノズル部と同軸上に位置する導入部とからなるノズル孔を異方性ドライエッチングにより複数形成する工程

10

20

と、

前記ノズル孔が形成された前記シリコン基板に対し、前記ノズル孔の内壁及び吐出面と反対側の面にSiO<sub>2</sub>膜からなる第1の耐吐出液保護膜を熱酸化により形成する工程と、

前記ノズル孔の内壁及び吐出面と反対側の面で前記第1の耐吐出液保護膜の上に、金属酸化物を主成分とする第2の耐吐出液保護膜をCVDにより形成する工程と、

前記吐出面、及び前記ノズル孔の内壁上の前記第1の耐吐出液保護膜の上に、金属酸化物を主成分とする第3の耐吐出液保護膜をCVDにより形成する工程と、

前記ノズル孔の内壁及び前記吐出面と反対側の面を除く前記吐出面側で前記第3の耐吐出液保護膜の上に撥水膜を形成する工程と、

を少なくとも有することを特徴とするノズル基板の製造方法。

10

#### 【請求項4】

前記金属酸化物として、酸化タンタル、酸化ハフニウム、酸化ニオブ、または酸化ジルコニウムのいずれかを用いることを特徴とする請求項3記載のノズル基板の製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【技術分野】

#### 【0001】

本発明は、インクジェットヘッド等に用いられるノズル基板に関し、特にアルカリ性の吐出液からノズル孔を保護するための被覆構造に関する。

#### 【背景技術】

#### 【0002】

インクジェット記録装置に搭載されるインクジェットヘッドは、一般に、インク滴を吐出するための複数のノズル孔が形成されたノズル基板を備え、このノズル基板に吐出室、リザーバ等のインク流路が形成されたキャピティ基板（流路基板とも呼ばれる）を接合し、駆動部により吐出室に圧力を加えることによりインク滴を選択されたノズル孔より吐出するように構成されている。駆動手段としては、静電気力を利用する方式や、圧電素子による圧電方式、発熱素子を利用する方式等がある。

20

#### 【0003】

近年、インクジェットヘッドに対して、印字、画質等の高品位化の要求が強まり、そのためノズル列を複数にしたり、1列当たりのノズル数を増加して多ノズル化・長尺化するなど、ノズル密度の高密度化と吐出性能の向上が図られている。このような背景から、インクジェットヘッドのノズル部に関して、従来より様々な工夫、提案がなされている。このうち、ノズル基板に形成されたノズル孔の内面および液滴の吐出面やその反対側の液流路に接する面（接合面）に対する被覆処理として、以下のような従来技術がある。

30

例えば、特許文献1では、チャンネルウェハとヒータウェハとから構成されるノズル孔の内面からノズル面（吐出面）にかけて疎水性被膜を連続して形成し、さらにノズル孔の内面にのみその疎水性被膜上に親水性被膜を形成する。

特許文献2では、ノズル孔の内面にインク保護膜をスパッタで形成し、吐出面に中間膜をスパッタで形成し、続いて吐出面の中間膜上に撥水膜をスプレー塗布で形成する。

また、特許文献3のように、ステンレス製のノズル基板にフッ素系高分子共析メッキを行い、吐出面からノズル孔の内面にかけて共析メッキによる撥水性被膜を形成する方法もある。

40

#### 【0004】

【特許文献1】特開平5 - 124200号公報

【特許文献2】特開2006 - 341506号公報

【特許文献3】特開平7 - 314694号公報

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0005】

しかしながら、上記の従来技術には以下のような課題があった。

（1）特許文献1の場合

50

(a) チャンネルウェハとヒータウェハを接着剤で接合した後に、チャンネルウェハに形成されたインク流路の内壁にウェット処理で疎水性被膜を形成し、続いて親水性被膜を形成しているため、それらの被膜を焼結する際のベーク温度に制約がある。

(b) インク流路の内壁に親水性被膜を形成した後で、ダイシングによりノズル孔を開口し、ノズル面に撥水膜を形成しているが、ノズル面に露出しているインク流路内壁の撥水膜(疎水性被膜)の断面は僅かであるため、新たにノズル面に形成した撥水膜との結合が不十分となり、ノズル孔口縁での撥水膜の耐久性を確保することができない。このため、アルカリ性のインクによりノズル孔の内壁が浸食されやすい。

(c) ノズル面に撥水膜を形成する際に、インク流路内への回り込みを制御することができない。

10

#### 【0006】

##### (2) 特許文献2の場合

ノズル孔内壁への保護膜成膜にスパッタ法を用いているが、スパッタには指向性があるため、ノズル孔内壁という狭くて垂直な壁面を均一に被膜するのは困難である。従って、アルカリ性インクに対する被覆・保護が十分でない。

#### 【0007】

##### (3) 特許文献3の場合

(a) 共析メッキではノズル面のみに撥水膜を形成することは困難であり、ノズル孔内壁まで撥水膜が形成される。本来、ノズル孔内壁は親水性であることが望ましいが、ノズル孔内壁のメッキ被膜を後処理で親水化することは困難である。

20

(b) 共析メッキ被膜はアルカリ性のインクに対する耐久性が不十分である。

(c) メッキ被膜の厚みは数 $\mu\text{m}$ 必要で、ノズル径精度を確保するのが困難である。

#### 【0008】

本発明は、上記のような課題に鑑み、特にアルカリ性のインク(吐出液)に対して耐久性をもつようにノズル孔を被覆・保護することを目的としている。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0009】

本発明に係るノズル基板は、液滴を吐出するノズル部と、ノズル部より断面積が大きく前記ノズル部と同軸上に設けられた導入部とを少なくとも備えたノズル孔を複数備えたノズル基板であって、少なくとも前記ノズル孔の内壁に耐アルカリ性の複数層の耐吐出液保護膜を形成し、前記複数層の耐吐出液保護膜として、前記ノズル孔の内壁及び吐出面と反対側の面に形成された $\text{SiO}_2$ 膜からなる第1の耐吐出液保護膜と、前記ノズル孔の内壁及び吐出面と反対側の面で前記第1の耐吐出液保護膜の上に形成された金属酸化物を主成分とする第2の耐吐出液保護膜と、前記吐出面、及び前記ノズル孔の内壁上の前記第1の耐吐出液保護膜の上に、形成された金属酸化物を主成分とする第3の耐吐出液保護膜とを有し、前記ノズル孔の内壁及び前記吐出面と反対側の面を除く前記吐出面側で前記第3の耐吐出液保護膜の上に撥水膜を有するものである。

30

このように構成することにより、ノズル孔の内壁は耐アルカリ性の複数層の耐吐出液保護膜で被覆され耐吐出液保護膜同士の結合が十分なため、アルカリ性の吐出液に対する耐性が向上し、ノズル孔の内壁の浸食を防止することができる。

40

#### 【0010】

また、本発明のノズル基板は、ノズル孔の内壁及び吐出面と反対側の面に形成された第1の耐吐出液保護膜と、吐出面、及びノズル孔の内壁上の第1の耐吐出液保護膜の上に、形成された第3の耐吐出液保護膜とを有するものである。

これによって、ノズル基板の両面から耐吐出液保護膜が形成され、ノズル孔の内壁は少なくとも2層の耐吐出液保護膜で被覆されるため、アルカリ性の吐出液に対する耐性が向上し、ノズル孔の内壁の浸食を防止することができる。

#### 【0011】

また、ノズル孔の内壁及び吐出面と反対側の面で第1の耐吐出液保護膜の上に形成された第2の耐吐出液保護膜を有する構成とすることが望ましい。

50

これによって、ノズル孔の内壁は3層の耐吐出液保護膜で被覆されるため、アルカリ性の吐出液に対する耐性がさらに向上し、ノズル孔の内壁の浸食を防止することができる。

【0012】

また、本発明のノズル基板は、ノズル孔の内壁及び吐出面と反対側の面を除く吐出面側で第3の耐吐出液保護膜上に撥水膜を有するものである。

撥水膜は、吐出面側の第3の耐吐出液保護膜上のみ形成され、ノズル孔の吐出口縁部を境界にしてノズル孔の内壁及び吐出面と反対側の面には形成されない。従って、ノズル孔の内面は親水性であり、吐出面はノズル孔の出口縁部まで撥水性であるため、吐出時ノズル孔の先端より液滴をノズル基板に対して垂直にスムーズに離脱させることができ、液滴の吐出安定性が向上する。また、撥水膜により、吐出面のワイピング（クリーニング）に対する耐久性が向上する。

10

【0013】

また、第1の耐吐出液保護膜は、シリコン酸化膜である。この場合、シリコンの熱酸化膜とするのが望ましい。膜厚の均一性、皮膜性の高い保護膜を安価に得ることができるからである。

【0014】

また、第2の耐吐出液保護膜及び第3の耐吐出液保護膜は、金属酸化物を主成分とするものである。この場合、金属酸化物は、酸化タンタル、酸化ハフニウム、酸化ニオブ、または酸化ジルコニウムのいずれかとするものである。これらの金属酸化物は、アルカリ性の吐出液に対する耐性が高いからである。

20

【0015】

また、撥水膜は、フッ素含有有機ケイ素化合物を主成分とするものである。これにより、第3の耐吐出液保護膜表面のヒドロキシル基がフッ素含有有機ケイ素化合物のメトキシ基等の加水分解基と強固に結合するため、第3の耐吐出液保護膜とその上の撥水膜との密着性が向上する。

【0016】

また、本発明に係るノズル基板の製造方法は、シリコン基板に、ノズル部と、このノズル部より断面積が大きくノズル部と同軸上に位置する導入部とからなるノズル孔を異方性ドライエッチングにより複数形成する工程と、ノズル孔が形成されたシリコン基板に対し、ノズル孔の内壁及び吐出面と反対側の面に  $\text{SiO}_2$  膜からなる第1の耐吐出液保護膜を熱酸化により形成する工程と、ノズル孔の内壁及び吐出面と反対側の面で第1の耐吐出液保護膜の上に、金属酸化物を主成分とする第2の耐吐出液保護膜をCVDにより形成する工程と、吐出面、及びノズル孔の内壁上の第1の耐吐出液保護膜の上に、金属酸化物を主成分とする第3の耐吐出液保護膜をCVDにより形成する工程と、ノズル孔の内壁及び吐出面と反対側の面を除く吐出面側で第3の耐吐出液保護膜の上に撥水膜を形成する工程と、を少なくとも有するものである。

30

この製造方法により、ノズル孔の内壁を複数層の耐吐出液保護膜で被覆することができ、アルカリ性吐出液に対する耐性の高いノズル基板を製造することができる。

【0018】

また、本発明のノズル基板の製造方法では、第1の耐吐出液保護膜は、熱酸化で成膜する。従って、膜厚の均一性、皮膜性の高い保護膜を安価に得ることができる。

40

【0019】

また、本発明のノズル基板の製造方法では、第2の耐吐出液保護膜及び第3の耐吐出液保護膜は、CVDで成膜する。これにより、被覆性がより良好な保護膜を得ることができる。

この場合、CVDは、160 以下の低温領域で実施する。ノズル基板の製造の際、ノズル基板に樹脂等でサポート基板を接着した状態で成膜でき、ハンドリング性や処理効率が向上し、コスト低減が可能になる。

【0020】

また、上記と同様の理由から、第2の耐吐出液保護膜及び第3の耐吐出液保護膜は、ス

50

パッタで成膜してもよい。

【0021】

本発明に係る液滴吐出ヘッドは、上記のいずれかのノズル基板を備えたものである。これにより、良好な吐出特性と耐久性を兼ね備えた液滴吐出ヘッドを提供することができる。

【0022】

本発明に係る液滴吐出装置は、上記の液滴吐出ヘッドを搭載したものである。従って、吐出特性と耐久性に優れた液滴吐出装置を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

以下、本発明のノズル基板を備えた液滴吐出ヘッドの一実施の形態について、図面に基づいて説明する。ここでは、液滴吐出ヘッドの一例として、静電駆動方式のインクジェットヘッドについて図1～図4を参照して説明する。なお、本発明は、以下の図に示す構造、形状に限定されるものではなく、また、フェース吐出型に限らずエッジ吐出型にも適用することができる。さらには、液滴吐出のためのエネルギーを与える駆動方式についても静電駆動方式以外の他の異なる駆動方式（例えば、圧電素子や発熱素子を用いたもの）の液滴吐出ヘッド及び液滴吐出装置にも適用することができる。

【0024】

まず、インクジェットヘッドの構成を図1～図4に示す。図1は本発明の実施の形態に係るインクジェットヘッドの概略構成を分解して示す分解斜視図で、一部を断面で表してある。図2は組立状態を表した図1の右半分の概略構成を示すインクジェットヘッドの部分断面図、図3は図2のノズル孔部分を拡大して示す断面図、図4は図2のインクジェットヘッドの上面図である。

【0025】

本実施形態に係るインクジェットヘッド10は、図1、図2及び図4に示すように、複数のノズル孔11が所定のピッチで設けられたノズル基板1と、各ノズル孔11に対して独立にインク供給路が設けられたキャピティ基板2と、キャピティ基板2の振動板22に対峙して個別電極31が配設された電極基板3とを貼り合わせることにより構成されている。

【0026】

本発明が適用されるノズル基板1は、シリコン基板から作製される。一般には単結晶シリコン基板が用いられるが、多結晶シリコン（ポリシリコン）基板でもかまわない。このノズル基板1の製造方法については後で詳しく説明する。

【0027】

インク滴を吐出するためのノズル孔11は、液滴を吐出するノズル部11aと、インク（吐出液）を導入する導入部11bとから構成されている。ノズル部11aはノズル基板1の表面（インク吐出面）1aに対して垂直に小径の円筒状に形成されており、導入部11bはノズル部11aと同軸上に設けられ、ノズル部11aよりも断面積が大きく、断面形状が円筒状に形成されている。このようにノズル孔11を2段の垂直孔を持つ構造とすることにより、インク液滴の吐出方向をノズル孔11の中心軸方向に揃えることができ、安定したインク吐出特性を発揮させることができる。すなわち、インク液滴の飛翔方向のばらつきがなくなり、またインク液滴の飛び散りがなく、インク液滴の吐出量のばらつきを抑制することができる。また、ノズル密度の高密度化も可能になる。なお、ここでは、ノズル孔11を、2段の孔を持つ構造とした例を示したが、更に段階的に複数段としてもよく、また、ノズル孔の断面積が吐出方向に向かって連続的に減少する形状としてもよい。また、ノズル部11aと導入部11bとの段差部をテーパ状に形成してもよい。

【0028】

ここで、ノズル基板1のキャピティ基板2との接合面1b（インク吐出面1aの反対面）およびノズル孔11の内壁には、図3に示すように、例えばSiO<sub>2</sub>からなる第1の耐インク保護膜（第1の耐吐出液保護膜）12が連続して形成されている。さらに、その耐

10

20

30

40

50

インク保護膜 12 上には、例えば五酸化タンタル ( $\text{Ta}_2\text{O}_5$ ) のような金属酸化物を主成分とする第 2 の耐インク保護膜 (第 2 の耐吐出液保護膜) 13 が形成され、さらにまた、インク吐出面 1a からノズル孔 11 の内壁上の第 2 の耐インク保護膜 12 上には、同様の金属酸化物を主成分とする第 3 の耐インク保護膜 (第 3 の耐吐出液保護膜) 14 が形成されている。従って、ノズル孔 11 の内面は親水性を有するものとなる。そしてさらに、インク吐出面 1a での撥水性を向上させるために、ノズル孔 11 の内壁および接合面 1b を除くインク吐出面 1a 側の第 3 の耐インク保護膜 14 上にのみ全面に撥水膜 15 が形成されている。撥水膜 15 はフッ素含有有機ケイ素化合物を主成分とするものが望ましい。その理由は、耐インク保護膜 14 表面のヒドロキシル基がフッ素含有有機ケイ素化合物のメトキシ基等の加水分解基と強固に結合するため、耐インク保護膜 14 とその表面上に形成される撥水膜 15 との密着性が向上するからである。

10

なお、第 2 の耐インク保護膜 13 は省略することも可能である。

#### 【0029】

このように、少なくともノズル孔 11 の内壁には複数層の耐インク保護膜 12 ~ 14 が形成されているので、特にアルカリ性の高いインクに対して耐インク保護膜 12 ~ 14 がアルカリ性インクの侵入を防ぎ、シリコンからなるノズル孔 11 の内壁まで浸食させることがない。従って、ノズル孔 11 の形状及び寸法精度を高く維持することができ、吐出特性及び耐久性に優れたノズル孔 11 とすることができる。また、第 2、第 3 の耐インク保護膜 13、14 として使用する金属酸化物は、五酸化タンタルのほか、酸化ハフニウム、酸化ニオブ、酸化チタン、酸化ジルコニウムのいずれかを使用するとよい。これらの金属酸化物は、アルカリ性のインク (吐出液) に対する耐性が高いためである。

20

#### 【0030】

上記のように構成されたノズル基板 1 が接着接合されるキャビティ基板 2 は、単結晶シリコン基板から作製される。キャビティ基板 2 には、ノズル孔 11 の各々に連通するインク流路溝が異方性ウェットエッチングにより形成される。このインク流路溝には、底壁を振動板 22 とし吐出室 21 となる吐出凹部 210 と、共通のインク室であるリザーバ 23 となるリザーバ凹部 230 と、リザーバ凹部 230 と各吐出凹部 210 とを連通するオリフィス 24 となるオリフィス凹部 240 が形成される。なお、振動板 22 はボロン拡散層で形成することにより厚み精度を高精度に形成することができる。また、オリフィス 24 はノズル基板 1 側に設けることもでき、この場合は接合面 1b にリザーバ凹部 230 と各吐出凹部 210 とを連通する細溝状の凹部として形成される。

30

#### 【0031】

また、キャビティ基板 2 には、電極基板 3 との接合面全面に短絡や絶縁破壊等を防止するための絶縁膜 25 が形成される。絶縁膜 25 としては  $\text{SiO}_2$  や  $\text{SiN}$ 、あるいは  $\text{Al}_2\text{O}_3$  や  $\text{HfO}_2$  等のいわゆる High-k 材などが目的に応じて用いられる。特に、High-k 材を用いると比誘電率が  $\text{SiO}_2$  よりも大きいため、アクチュエータ発生圧力を高めることができ、更なる高密度化を図ることが可能となる。なお、絶縁膜 25 は必要に応じて個別電極 31 の対向面上に形成してもよい。また、インク流路溝側のキャビティ基板 2 全面には親水膜として  $\text{SiO}_2$  からなる耐インク保護膜 26 が熱酸化法やスパッタ法、CVD 法等で形成され、さらに Pt 等の金属膜からなる共通電極 27 がキャビティ基板 2 上に形成される。

40

#### 【0032】

このキャビティ基板 2 と陽極接合される電極基板 3 は、例えばホウ珪酸系のガラス基板から作製される。このガラス基板に振動板 22 と対向する位置にそれぞれ凹部 32 がエッチングにより形成され、さらに各凹部 32 の底面に一般に ITO (Indium Tin Oxide: インジウム錫酸化物) からなる個別電極 31 がスパッタ法により形成される。また、インクを供給するためにリザーバ 23 と連通するインク供給口 33 がサンドブラスト法等により形成される。インク供給口 33 は図示しないインクタンクに接続される。

#### 【0033】

この電極基板 3 と上記のキャビティ基板 2 とは、個別電極 31 と振動板 22 とが所定 (

50

例えば、 $0.1\ \mu\text{m}$  ) のギャップ 34 を介して対向配置するように陽極接合される。これにより、ギャップ 34 を介して対峙する個別電極 31 と絶縁膜 25 を有する振動板 22 とで吐出室 21 に所要の圧力を加えることができる静電アクチュエータ 4 が構成される。なお、ギャップ 34 の開放端部は内部に水分や塵埃などが入らないようにエポキシ樹脂やスパッタ法による無機酸化物等の封止材 35 で気密に封止する。これにより、静電アクチュエータ 4 の駆動耐久性、信頼性が向上する。

そして、図 2、図 4 に簡略化して示すように、静電アクチュエータ 4 を駆動するために、ドライバ IC 等の駆動手段 5 を搭載した FPC (Flexible Print Circuit) を、電極取り出し部 36 において、導電性接着剤により、各個別電極 31 の端子部 31a と、キャビティ基板 2 上に設けられた金属製の共通電極 27 に配線接続する。以上のようにしてインクジェットヘッド 10 が完成する。

10

#### 【0034】

ここで、インクジェットヘッド 10 の動作について説明する。任意のノズル孔 11 よりインク滴を吐出させるためには、そのノズル孔 11 に対応する静電アクチュエータ 4 を以下のように駆動する。

駆動手段 5 により当該個別電極 31 と共通電極である振動板 22 間にパルス電圧を印加する。パルス電圧の印加によって発生する静電気力により振動板 22 が個別電極 31 側に引き寄せられて当接し、吐出室 21 内に負圧を発生させ、リザーバ 23 内のインクを吸引し、インクの振動 (メニスカス振動) を発生させる。このインクの振動が略最大となった時点で、電圧を解除すると、振動板 22 は個別電極 31 から離脱して、その時の振動板 22 の復元力によりインクを当該ノズル孔 11 から押出し、インク滴を吐出する。

20

#### 【0035】

本実施形態に係るインクジェットヘッド 10 によれば、ノズル基板 1 に形成されたノズル孔 11 の内壁が複数層の耐インク保護膜 12 ~ 14 によって保護されているため、特にアルカリ性のインクに対する耐性を向上し、ノズル孔 11 の内壁の浸食を防止することができる。また、インク吐出面 1a 側の第 3 の耐インク保護膜 14 表面上にのみ撥水膜 15 が形成されているので、インク滴の吐出安定性が向上するとともに、ワイピング (クリーニング) に対する耐久性が向上する。

#### 【0036】

次に、上記のように構成されたインクジェットヘッド 10 の製造方法について、図 5 ~ 図 13 を用いて説明する。図 5 ~ 図 10 はノズル基板 1 の製造工程を示す部分断面図、図 11 ~ 図 12 は電極基板 3 の製造と電極基板 3 上に接合したシリコン基板からキャビティ基板 2 を製造する工程を示す部分断面図、図 13 は図 12 に続くインクジェットヘッド 10 の製造工程を示す部分断面図である。なお、以下に記載する基板の厚さ、膜厚、エッチング深さ、温度、圧力等についての数値はその一例を示すもので、これに限定されるものではない。

30

#### 【0037】

(a) まず、厚み  $280\ \mu\text{m}$  のシリコン基板 100 を用意し、このシリコン基板 100 を熱酸化装置 (図示せず) にセットして、酸化温度  $1075^\circ\text{C}$ 、酸化時間 4 時間、酸素と水蒸気の混合雰囲気中の条件で熱酸化処理し、シリコン基板 100 の表面に膜厚  $1\ \mu\text{m}$  の  $\text{SiO}_2$  膜 101 を均一に成膜する (図 5 (a))。

40

#### 【0038】

(b) 次に、シリコン基板 100 の接合面 (キャビティ基板 2 と接合される面をいう) 100b にレジスト 102 をコーティングし、導入部 11b となる部分 110b をパターニングする (図 5 (b))。

(c) そして、このシリコン基板 100 を、例えば緩衝フッ酸水溶液 (フッ酸水溶液 : フッ化アンモニウム水溶液 = 1 : 6) でハーフエッチングし、 $\text{SiO}_2$  膜 101 を薄くする。このとき、インク吐出側の面 1a の  $\text{SiO}_2$  膜 101 もエッチングされ、 $\text{SiO}_2$  膜 101 の厚みが減少する (図 5 (c))。

(d) ついで、シリコン基板 100 のレジスト 102 を硫酸洗浄などにより剥離する (図

50

5 ( d ) )。

【 0 0 3 9 】

( e ) 次に、シリコン基板 1 0 0 の接合面 1 0 0 b 側にレジスト 1 0 3 をコーティングし、ノズル部 1 1 a となる部分 1 1 0 a をパターンニングする ( 図 6 ( e ) )。

( f ) そして、シリコン基板 1 0 0 を緩衝フッ酸水溶液 ( フッ酸水溶液 : フッ化アンモニウム水溶液 = 1 : 6 ) でエッチングし、ノズル部 1 1 a となる部分 1 1 0 a の  $\text{SiO}_2$  膜 1 0 1 を開口する。このとき、インク吐出側の面 1 1 0 a の  $\text{SiO}_2$  膜 1 0 1 はエッチングされ、完全に除去される ( 図 6 ( f ) )。

( g ) シリコン基板 1 0 0 の接合面 1 0 0 b 側に設けたレジスト 1 0 3 を、硫酸洗浄などにより剥離する ( 図 6 ( g ) )。

10

【 0 0 4 0 】

( h ) 次に、Deep - R I E ( Reactive Ion Etching ) ドライエッチング装置 ( 図示せず ) により、 $\text{SiO}_2$  膜 1 0 1 の開口部を、深さ 6 0  $\mu\text{m}$  まで垂直に異方性ドライエッチングし、ノズル部 1 1 a を形成する ( 図 7 ( h ) )。この場合のエッチングガスとしては、 $\text{C}_4\text{F}_8$ 、 $\text{SF}_6$  を使用し、これらのエッチングガスを交互に使用すればよい。ここで、 $\text{C}_4\text{F}_8$  は形成される孔の側面のエッチングが進行しないように孔側面を保護するために使用し、 $\text{SF}_6$  は孔の垂直方向のエッチングを促進させるために使用する。

( i ) 次に、導入部 1 1 b となる部分 1 1 0 b の  $\text{SiO}_2$  膜 1 0 1 のみがなくなるように、緩衝フッ酸水溶液でハーフエッチングする ( 図 7 ( i ) )。

( j ) 再度、Deep - R I E ドライエッチング装置により、 $\text{SiO}_2$  膜 1 0 1 の開口部を深さ 2 0  $\mu\text{m}$  まで垂直に異方性ドライエッチングし、導入部 1 1 b を形成する ( 図 7 ( j ) )。

20

【 0 0 4 1 】

( k ) そして、シリコン基板 1 0 0 の表面に残る  $\text{SiO}_2$  膜 1 0 1 をフッ酸水溶液で除去した後、シリコン基板 1 0 0 を熱酸化装置 ( 図示せず ) にセットし、酸化温度 1 0 0 0、酸化時間 2 時間、酸素雰囲気中の条件で熱酸化処理を行い、シリコン基板 1 0 0 の接合面 1 0 0 b 及びインク吐出側の面 1 0 0 a と、ノズル部 1 1 a 及び導入部 1 1 b の内壁に、第 1 の耐インク保護膜 1 2 となる  $\text{SiO}_2$  膜 1 2 a を膜厚 0 . 1  $\mu\text{m}$  成膜する。さらに、この  $\text{SiO}_2$  膜 1 2 a の上に、熱 C V D ( Chemical Vapor Deposition ) もしくはプラズマ C V D により第 2 の耐インク保護膜 1 3 となる  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  膜 1 3 a を膜厚 0 . 2  $\mu\text{m}$  成膜する ( 図 7 ( k ) )。但し、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$  膜 1 3 a は、プラズマ C V D の場合にはインク吐出側の面 1 0 0 a には成膜されない。なお、第 2 の耐インク保護膜 1 3 となる  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  膜 1 3 a の成膜を省略してもよい。

30

【 0 0 4 2 】

( l ) 次に、シリコン基板 1 0 0 の上下を逆転し、ガラス等の透明材料の支持基板 1 2 0 に、紫外線または熱などの刺激で容易に接着力が低下する自己剥離層 5 1 を持った両面テープ 5 0 を貼り合わせる ( 図 8 ( l ) )。支持基板 1 2 0 に貼り合わせた両面テープ 5 0 の自己剥離層 5 1 の面と、シリコン基板 1 0 0 の接合面 1 0 0 b とを向かい合わせ、真空中で貼り合わせると、接着界面に気泡が残らずにきれいに接着される。ここで、接着界面に気泡が残ると、研磨加工で薄板化したときに、シリコン基板 1 0 0 の板厚がばらつく原因となる。両面テープ 5 0 は、例えば、S E L F A - B G ( 登録商標 : 積水化学工業製 ) を用いる。

40

【 0 0 4 3 】

( m ) シリコン基板 1 0 0 のインク吐出側の面 1 0 0 a をバックグラインダー ( 図示せず ) によって研削加工し、ノズル部 1 1 a の先端が開口するまでシリコン基板 1 0 0 を薄くする ( 図 8 ( m ) )。さらに、ポリッシャー、C M P 装置によってインク吐出側の面 1 0 0 a を研磨し、ノズル部 1 1 a の先端部の開口を行っても良い。このとき、ノズル部 1 1 a 及び導入部 1 1 b の内壁は、ノズル内の研磨材の水洗除去工程などによって洗浄する。

あるいは、ノズル部 1 1 a の先端部の開口を、ドライエッチングで行っても良い。例えば、 $\text{SF}_6$  をエッチングガスとするドライエッチングで、ノズル部 1 1 a の先端部までシ

50



リコン基板 100 を薄くし、表面に露出したノズル部 11a の先端部の  $\text{SiO}_2$  膜 12a を、 $\text{CF}_4$  又は  $\text{CHF}_3$  等のエッチングガスとするドライエッチングによって除去してもよい。

【0044】

(n) 薄板化されたシリコン基板 100 のインク吐出側の面 100a とノズル部 11a 及び導入部 11b の内壁に、160 以下の低温プラズマ CVD により、第 3 の耐インク保護膜 14 となる  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  膜 14a を膜厚 0.2  $\mu\text{m}$  成膜する (図 8 (n))。これにより、ノズル部 11a 及び導入部 11b の内壁はシリコン基板 100 の両面から 2 回成膜されるため、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$  膜 13a、14a の被覆性が向上する。また、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$  膜 14a からなる金属系酸化膜の成膜は、自己剥離層 51 が反応しない温度 (160 程度) 以下で実施

10

【0045】

(o) さらに、第 3 の耐インク保護膜 14 となる  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  膜 14a の上に、ディッピングによりフッ素含有有機ケイ素化合物を主成分とする撥水膜 15 を形成する (図 8 (o))。このとき、ノズル部 11a 及び導入部 11b の内壁側の面にも撥水膜 15 が形成される。

【0046】

(p) シリコン基板 100 の上下を再度逆転し、撥水膜 15 が形成されたインク吐出側の面 100a に、保護フィルム 60 を貼り付ける (図 9 (p))。ここでは、例えば、E - M A S K (登録商標: 日東電工製) を用いる。

20

(q) そして、支持基板 120 側から UV 光を照射する (図 9 (q))。

(r) 両面テープ 50 の自己剥離層 51 をシリコン基板 100 の接合面 100b から剥離させ、支持基板 120 をシリコン基板 100 から取り外す (図 9 (r))。

【0047】

(s) Ar スパッタもしくは  $\text{O}_2$  プラズマ処理によって、シリコン基板 100 の接合面 100b 側、およびノズル部 11a、導入部 11b の内壁側の面に余分に形成された撥水膜 15 を除去するか、もしくは撥水機能を有しない膜 15a にする (図 9 (s))。すなわち、撥水膜 15 のフッ素原子を消失させることによって撥水機能を有しない膜 15a となる。

その後、ノズル基板 100 の接着強度を上げるため、プライマー処理液に 1 時間浸漬した後、純水でリンスし、80 で 1 時間の条件でベーキングする。このとき、プライマー処理液として、例えば、シランカップリング剤 (型番: SH6020、東レダウ製) を用いる。

30

【0048】

(t) 次に、シリコン基板 100 の上下を再度逆転し、シリコン基板 100 の接合面 100b (保護フィルム 60 が貼り付けられているインク吐出側の面 100a と反対側の面) を吸着治具 70 に吸着固定し、インク吐出側の面 100a にサポートテープとして貼り付けられている保護フィルム 60 を剥離する (図 10 (t))。

【0049】

(u) 吸着治具 70 の吸着固定を解除する。こうして、接合面 100b とノズル孔 11 の内壁とに、 $\text{SiO}_2$  からなる第 1 の耐インク保護膜 12 と  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  からなる第 2 の耐インク保護膜 13 とが積層して形成されるとともに、インク吐出面 100a 側には、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$  からなる第 3 の耐インク保護膜 14 と撥水膜 15 とが積層して形成され、かつ、ノズル孔 11 の内壁には、 $\text{SiO}_2$  からなる第 1 の耐インク保護膜 12 と、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$  からなる第 2、第 3 の耐インク保護膜 13、14 とが積層して形成されたノズル基板 1 が作製される (図 10 (u))。

40

以上の工程を経ることにより、シリコン基板 100 よりノズル基板 1 が作製される。

【0050】

本実施形態に係るノズル基板 1 の製造方法よれば、ノズル孔 11 の内壁が複数層の耐インク保護膜 12 ~ 14 によって十分に保護されているため、特にアルカリ性のインクに対

50

して耐性が高く、吐出特性及び耐久性に優れたノズル基板 1 を製造することができる。

また、接合面 100b に、両面テープ 50 を介して支持基板 120 を貼り合わせ、シリコン基板 100 をインク吐出側の面 100a より薄板化してノズル孔 11 を開口するようにしたので、ノズル孔 11 の製造工程において、シリコン基板 100 が割れたり欠けたりすることがなく、ハンドリングが容易で、歩留まりが向上する。

さらに、上記の製造工程において、シリコン基板 100 のインク吐出側の面 100a に、耐インク性の高い酸化タンタル等からなる金属系酸化膜すなわち第 3 の耐インク保護膜 14 を形成し、そのうえに撥水膜 15 を形成するようにしたので、下地材が侵食されることによって起こる撥水膜 15 の剥れがなくなる。このことにより、長期にわたり、インク吐出側の面 100a の撥水性を保持することができ、インク吐出の安定性を確保することができる。

10

#### 【0051】

なお、第 2、第 3 の耐インク保護膜 13、14 として、酸化タンタル ( $Ta_2O_5$ ) を使用した場合について説明したが、特にアルカリ性インクに対する耐性の高い金属酸化物として、酸化ハフニウム ( $HfO_2$ )、酸化ニオブ ( $NbO$ )、酸化チタン ( $TiO_2$ )、酸化ジルコニウム ( $ZrO_2$ ) を使用することもできる。

#### 【0052】

次に、キャビティ基板 2 および電極基板 3 の製造方法について説明する。

ここでは、電極基板 3 に単結晶シリコン基板 (以下、シリコン基板という) 200 を接合した後、そのシリコン基板 200 からキャビティ基板 2 を製造する方法について、図 11、図 12 を用いて説明する。

20

#### 【0053】

(a) まず、硼珪酸ガラス等からなるガラス基板 300 に、金・クロムのエッチングマスクを使用してフッ酸によってエッチングすることにより、凹部 32 を形成する。なお、この凹部 32 は個別電極 31 の形状より少し大きめの溝状のものであり、個別電極 31 ごとに複数形成される。そして、凹部 32 の内部に、例えばスパッタにより ITO (Indium Tin Oxide) からなる個別電極 31 を形成する。その後、ドリル等によってインク供給孔 33 となる孔部 33a を形成することにより、電極基板 3 を作製する (図 11 (a))。

#### 【0054】

(b) シリコン基板 200 の両面を鏡面研磨した後に、シリコン基板 200 の片面に、プラズマ CVD (Chemical Vapor Deposition) によって、TEOS (TetraEthylorthosilicate) からなるシリコン酸化膜 (絶縁膜) 25 を形成する (図 11 (b))。なお、シリコン基板 200 を形成する前に、エッチングストップ技術を用いて、振動板 22 の厚みを高精度に形成するためのボロンドープ層を形成するようにしてもよい。エッチングストップとは、エッチング面から発生する気泡が停止した状態と定義し、実際のウェットエッチングにおいては、気泡の発生の停止をもってエッチングがストップしたものと判断する。

30

#### 【0055】

(c) このシリコン基板 200 と、図 11 (a) のようにして作製された電極基板 3 とを 360 に加熱し、シリコン基板 200 を陽極に、電極基板 3 を陰極に接続して 800V 程度の電圧を印加して、図 11 (c) に示すように、陽極接合により接合する。

40

#### 【0056】

(d) シリコン基板 200 と電極基板 3 を陽極接合した後に、水酸化カリウム水溶液等で接合状態のシリコン基板 200 をエッチングし、シリコン基板 200 を薄板化する (図 11 (d))。

#### 【0057】

(e) シリコン基板 200 の上面 (電極基板 3 が接合されている面と反対側の面) の全面に、プラズマ CVD によって、TEOS 膜 260 を形成する。そして、この TEOS 膜 260 に、吐出室 21 となる凹部 210、オリフィス 24 となる溝部 240 およびリザーバ 23 となる凹部 230 を形成するためのレジストをパターンニングし、これらの部分の TEOS 膜 260 をエッチング除去する。

50

その後、シリコン基板 200 を水酸化カリウム水溶液等でエッチングすることにより、吐出室 21 となる凹部 210、オリフィス 24 となる溝部 240 及びリザーバ 23 となる凹部 230 を形成する（図 12（e））。このとき、配線のための電極取り出し部 36 となる部分もエッチングして薄板化しておく。なお、ウェットエッチングの工程では、例えば初めに 35 重量 % の水酸化カリウム水溶液を使用し、その後、3 重量 % の水酸化カリウム水溶液を使用することができる。これにより、振動板 22 の面荒れを抑制することができる。

【0058】

（f）シリコン基板 200 のエッチングが終了した後に、フッ酸水溶液でエッチングし、図 13（f）に示すように、シリコン基板 200 の上面に形成されている TEOS 膜 260 を除去する（図 12（f））。 10

【0059】

（g）シリコン基板 200 の吐出室 21 となる凹部 210 等が形成された面に、プラズマ CVD により TEOS 膜（絶縁膜）26 を形成する（図 12（g））。

【0060】

（h）RIE（Reactive Ion Etching）等によって、電極取り出し部 29 を開放する。また、電極基板 3 のインク供給口 33 となる孔部にレーザ加工を施して、シリコン基板 200 のリザーバ 23 となる凹部 230 の底部を貫通させ、インク供給口 33 を形成する。また、振動板 22 と個別電極 31 の間のギャップ 34 の開放端部にエポキシ樹脂等の封止材 35 を充填して封止する。さらに、共通電極 27 をスパッタにより、シリコン基板 200 の端部に形成する（図 12（h））。 20

【0061】

以上により、電極基板 3 に接合した状態のシリコン基板 200 からキャビティ基板 2 が作製される。

最後に、キャビティ基板 2 に、前述のようにして作製されたノズル基板 1 を接着等により接合することにより、図 13 に示したインクジェットヘッド 10 が完成する。

【0062】

本実施形態に係るインクジェットヘッド 10 の製造方法によれば、キャビティ基板 2 を、予め作製された電極基板 3 に接合した状態のシリコン基板 200 から作製するので、その電極基板 3 によりシリコン基板 200 を支持した状態となり、シリコン基板 200 を薄板化しても割れたり欠けたりすることがなく、ハンドリングが容易となる。従って、キャビティ基板 2 を単独で製造する場合よりも歩留まりが向上する。 30

【0063】

上記の実施形態では、ノズル基板及びインクジェットヘッド、ならびにこれらの製造方法について述べたが、本発明は上記の実施形態に限定されるものでなく、本発明の思想の範囲内で種々変更することができる。例えば、ノズル孔より吐出される液状材料を変更することにより、図 14 に示すインクジェットプリンタ 400 のほか、液晶ディスプレイのカラーフィルタの製造、有機 EL 表示装置の発光部分の形成、遺伝子検査等に用いられる生体分子溶液のマイクロアレイの製造など様々な用途の液滴吐出装置として利用することができる。液滴吐出ヘッド（インクジェットヘッド）及び液滴吐出装置に、本実施形態のノズル基板の製造方法で製造されたノズル基板を搭載することにより、良好な吐出特性と耐久性を兼ね備えた液滴吐出ヘッド及び液滴吐出装置を得ることができる。 40

【図面の簡単な説明】

【0064】

【図 1】本発明の実施の形態に係るインクジェットヘッドの概略構成を示す分解斜視図。

【図 2】組立状態における図 1 の右半分の概略構成を示すインクジェットヘッドの部分断面図。

【図 3】図 2 のノズル孔部分の拡大断面図。

【図 4】図 2 のインクジェットヘッドの上面図。

【図 5】ノズル基板の製造工程を示す部分断面図。 50

【図 6】図 5 に続くノズル基板の製造工程を示す部分断面図。

【図 7】図 6 に続くノズル基板の製造工程を示す部分断面図。

【図 8】図 7 に続くノズル基板の製造工程を示す部分断面図。

【図 9】図 8 に続くノズル基板の製造工程を示す部分断面図。

【図 10】図 9 に続くノズル基板の製造工程を示す部分断面図。

【図 11】電極基板の製造と電極基板上に接合したシリコン基板からキャビティ基板を製造する工程を示す部分断面図。

【図 12】図 11 に続くキャビティ基板の製造工程を示す部分断面図。

【図 13】図 12 に続くインクジェットヘッドの製造工程を示す部分断面図。

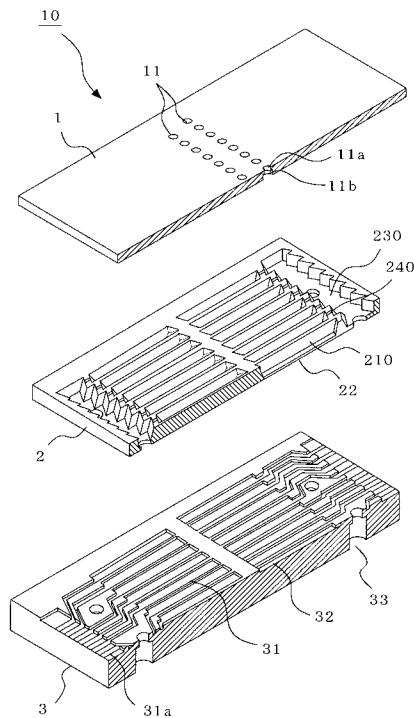
【図 14】本発明の一実施の形態に係るインクジェットヘッドを使用したインクジェットプリンタの斜視図。

【符号の説明】

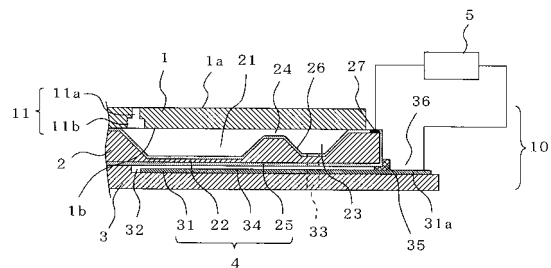
【0065】

1 ノズル基板、1a インク吐出面、1b 接合面、2 キャビティ基板、3 電極基板、4 静電アクチュエータ、5 駆動手段、10 インクジェットヘッド、11 ノズル孔、11a ノズル部、11b 導入部、12 第1の耐インク保護膜（第1の耐吐出液保護膜）、13 第2の耐インク保護膜（第2の耐吐出液保護膜）、14 第3の耐インク保護膜（第3の耐吐出液保護膜）、15 撥水膜、21 吐出室、22 振動板、23 リザーバ、24 オリフィス、25 絶縁膜、26 耐インク保護膜、27 共通電極、31 個別電極、32 凹部、33 インク供給口、34 ギャップ、35 封止材、36 電極取り出し部、100 シリコン基板、400 インクジェットプリンタ。

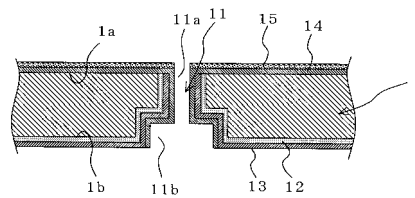
【図 1】



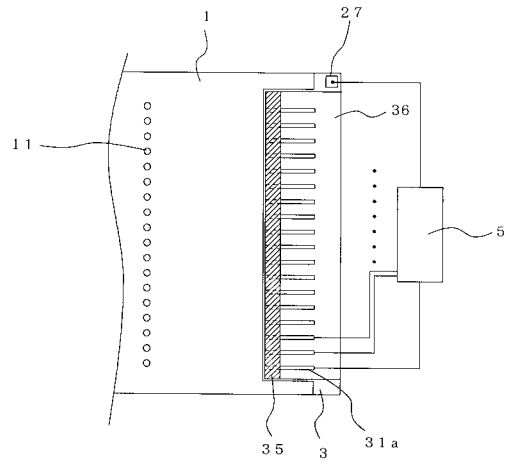
【図 2】



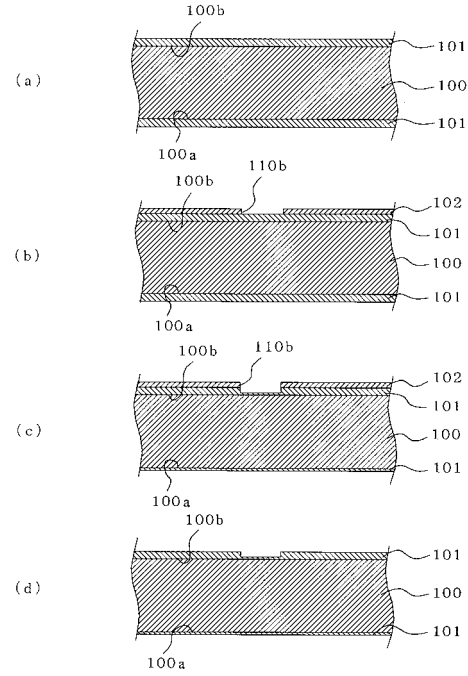
【図 3】



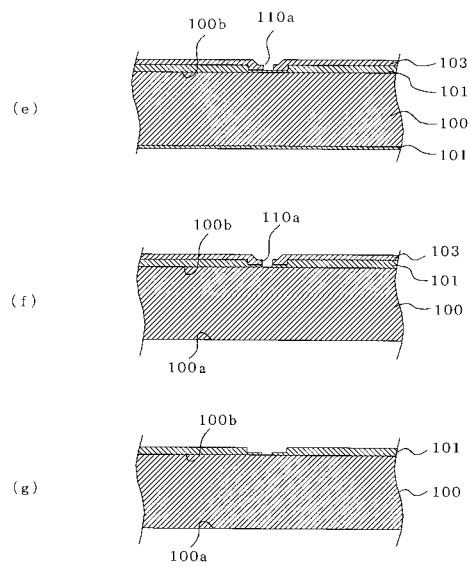
【図 4】



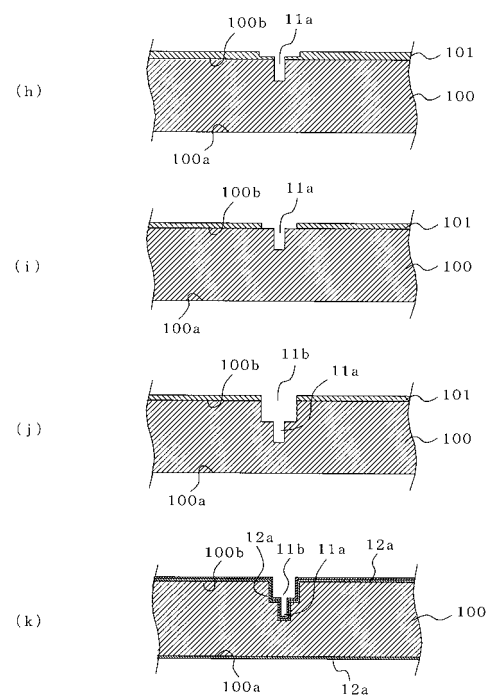
【図 5】



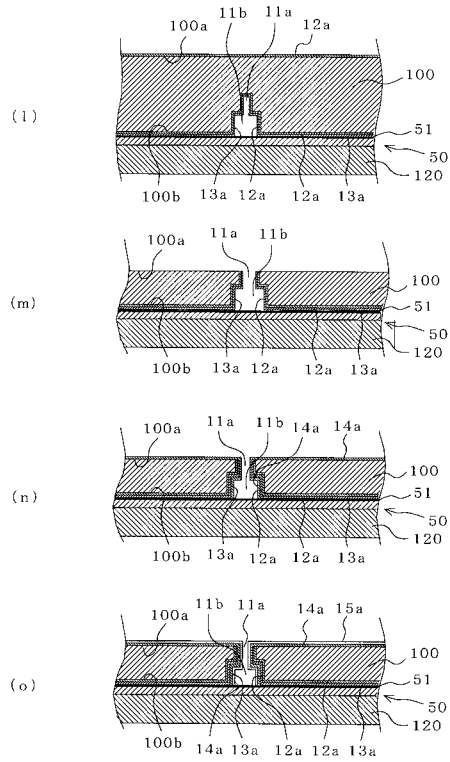
【図 6】



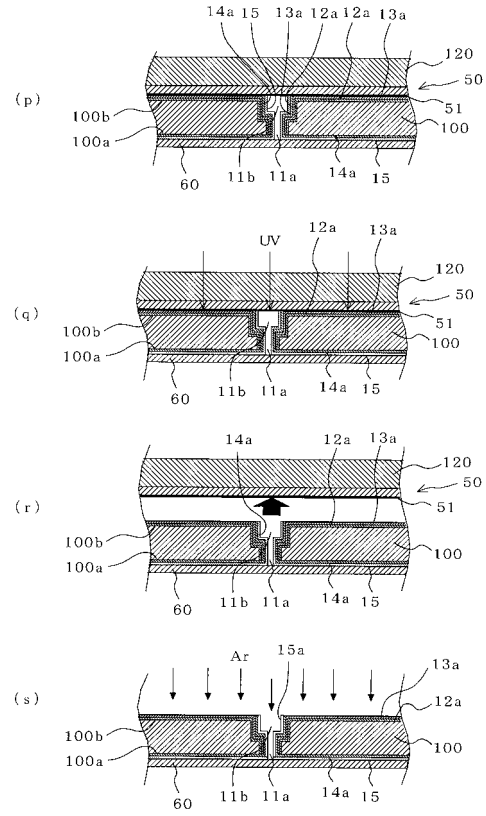
【図 7】



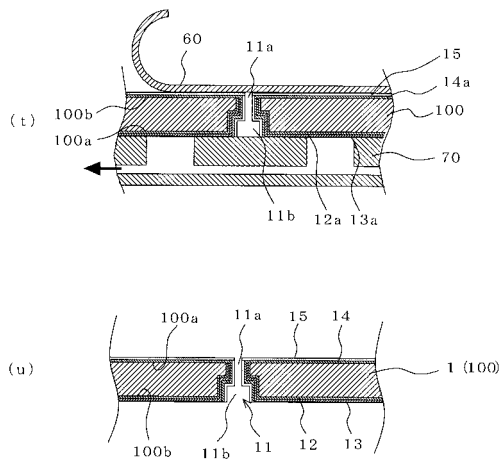
【図 8】



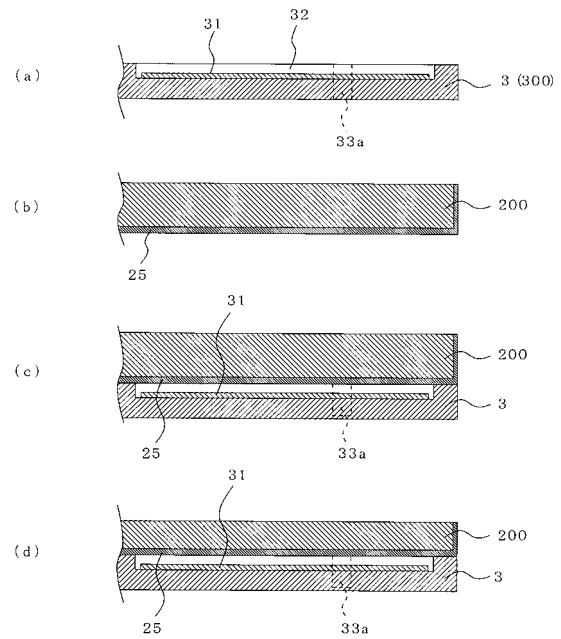
【図 9】



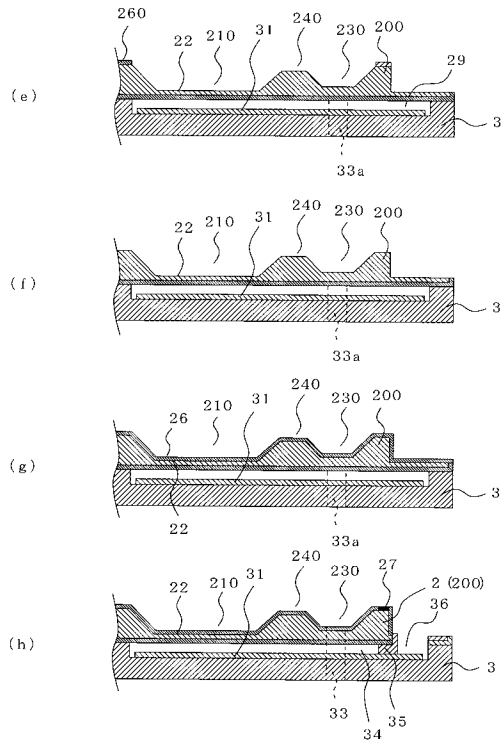
【図 10】



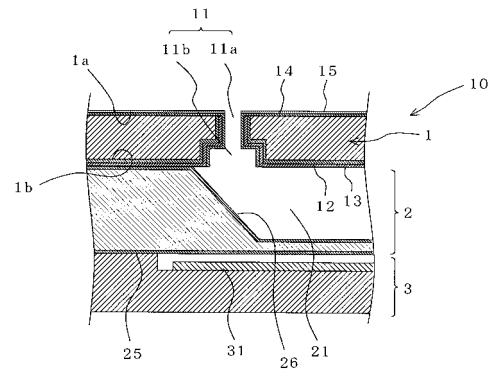
【図 11】



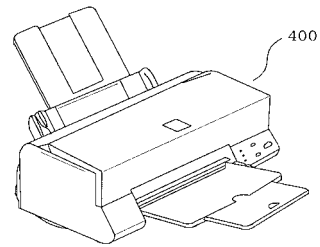
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 荒川 克治  
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
- (72)発明者 藤井 正寛  
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

審査官 藤本 義仁

- (56)参考文献 特開2007-038570(JP,A)  
特開昭56-161853(JP,A)  
特開平10-323979(JP,A)

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