

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5277571号
(P5277571)

(45) 発行日 平成25年8月28日(2013.8.28)

(24) 登録日 平成25年5月31日(2013.5.31)

(51) Int.Cl.

F I

B 4 1 J 2/135 (2006.01)

B 4 1 J 3/04 1 O 3 N

請求項の数 5 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2007-159811 (P2007-159811)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成19年6月18日(2007.6.18)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2008-307838 (P2008-307838A)		東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(43) 公開日	平成20年12月25日(2008.12.25)	(74) 代理人	100095728
審査請求日	平成22年6月17日(2010.6.17)		弁理士 上柳 雅誉
		(74) 代理人	100107261
			弁理士 須澤 修
		(74) 代理人	100127661
			弁理士 宮坂 一彦
		(72) 発明者	大谷 和史
			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	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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ノズル基板の製造方法及び液滴吐出ヘッドの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

シリコン基板の液滴の吐出に用いられる面に対して当該ノズル孔の内壁が垂直な第1のノズル部と、前記第1のノズル部と同軸上に前記シリコン基板の前記液滴の吐出される側の面とは反対側の面から見たときの前記第1のノズル部よりも開口平面積が大きくかつ当該面形状が多角形である第2のノズル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形成する工程と、

前記ノズル孔の内壁全面に保護膜を形成する工程と、

前記第1のノズル部と前記第2のノズル部との間の段差部に形成された前記保護膜を選択的に除去する工程と、

前記第2のノズル部から前記第1のノズル部に向けて連続して開口平面積が漸減する傾斜部を異方性ウェットエッチングにより形成する工程と、

を有することを特徴とするノズル基板の製造方法。

【請求項 2】

前記段差部に形成された前記保護膜の除去は、異方性ドライエッチングで実施することを特徴とする請求項1記載のノズル基板の製造方法。

【請求項 3】

前記ノズル孔の内壁に形成された前記保護膜は、熱酸化膜であることを特徴とする請求項1または2記載のノズル基板の製造方法。

【請求項 4】

面方位が(100)の単結晶シリコン基板を使用し、前記第2のノズル部の断面形状を構成する辺のうち、少なくとも4辺が結晶方位(111)と平行になることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載のノズル基板の製造方法。

【請求項5】

請求項1乃至4のいずれかに記載のノズル基板の製造方法を適用して液滴吐出ヘッドを製造することを特徴とする液滴吐出ヘッドの製造方法。

【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使用されるノズル基板、液滴吐出ヘッド及びそれらの製造方法並びに液滴吐出装置に関する。

【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と、このノズル基板に接合されノズル基板との間で上記ノズル孔に連通する吐出室、リザーバ等のインク流路が形成されたキャピティ基板とを備え、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。

【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一段と強まり、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。

【0004】

例えば、特許文献1には、(100)面方位のシリコン基板に異方性ウェットエッチングで四角錐形状のノズルを貫通形成することが開示されている。

特許文献2には、等方性ドライエッチングと異方性ドライエッチングとを交互に繰り返すことにより、シリコン基板にテーパ形状のノズルを形成することが開示されている。

特許文献3には、(100)面方位のシリコン基板に異方性ウェットエッチングで未貫通のテーパ状ノズル部を形成し、このシリコン基板の反対面側から異方性ドライエッチングで円筒状の垂直ノズル部を貫通形成することが開示されている。

特許文献4には、(110)面方位のシリコン基板に異方性ウェットエッチングでエッチピットを形成し、このシリコン基板を電解質溶液に浸し、逆バイアス電圧をかけた状態で異方性ウェットエッチングをすることによりノズルを形成することが開示されている。

特許文献5には、(100)面方位のシリコン基板に異方性ドライエッチングで小径円筒状の第1のノズル部と、大径円筒状の第2のノズル部とを2段に形成することが開示されている。

【0005】

【特許文献1】特開昭56-135075号公報(図2)

【特許文献2】特開2006-45656号公報(図4、図16)

【特許文献3】特開平10-315461号公報(図1、図2)

【特許文献4】特開2000-203030号公報(図1)

【特許文献5】特開平11-28820号公報(図3、図4)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、上記特許文献1～5に記載の技術には、以下に示すような課題があった。

特許文献1では、ノズルを異方性ウェットエッチングで形成するため、ノズルテーパ部

10

20

30

40

50

の傾斜角度がシリコン単結晶基板の面方位に依存してしまい、ノズル密度を上げることに限界がある。また、ノズル先端形状がシリコンの面方位のために四角形になってしまい、液滴の直進性を保つことが困難になる。さらに、ノズル吐出口に垂直部がないため、メニスカスを安定に維持することが困難である。

特許文献2では、等方性ドライエッチングでノズル側壁のアンダーカットが進むので、ノズル径の制御が困難になる。また、ノズル吐出口に垂直部がないため、メニスカスを安定に維持することが困難である。

特許文献3では、ノズルテーパ部を異方性ウェットエッチングで形成するため、ノズルテーパ部の傾斜角度がシリコン単結晶基板の面方位に依存してしまい、ノズル密度を上げることに限界がある。また、ノズルテーパ部と垂直部の両面位置合わせが必要になり、片面から位置合わせして加工する場合に比べて精度が劣る。

10

特許文献4では、ノズルテーパ部を異方性ウェットエッチングで形成するため、ノズルテーパ部の傾斜角度がシリコン単結晶基板の面方位に依存してしまい、ノズル密度を上げることに限界がある。また、ノズルテーパ部と垂直部の境界が曖昧になり、ノズルの流路抵抗の調整、すなわちノズル長さを調整することが難しくなる。

特許文献5では、第1のノズル部と第2のノズル部との間に円環状の段差部があり、この段差部でインク流れの淀みが生じるため、流れの乱れや流路抵抗増を生じさせるなどの問題がある。

【0007】

本発明は、上記のような課題に鑑み、吐出特性の向上とノズル密度の高密度化とを図ることができるノズル基板、液滴吐出ヘッド及びそれらの製造方法並びに液滴吐出装置を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明に係るノズル基板は、シリコン基板と、シリコン基板に設けられかつ液滴の吐出に用いられるノズル孔とを有し、

当該ノズル孔は、シリコン基板の前記液滴の吐出される側の面において当該面に対し当該ノズル孔の内壁が垂直形成された第1のノズル部、第1のノズル部と同軸上に設けられシリコン基板の液滴の吐出される側の面とは反対側の面から見たときの開口平面積が第1のノズル部の開口平面積よりも大きく形成された第2のノズル部、および第1のノズル部から第2のノズル部に向けて連続して開口平面積が漸増する傾斜部を含み構成されているものである。

30

【0009】

このようなノズル形状・構造とすることにより、第1のノズル部と第2のノズル部との間が段差部を介さずに傾斜部で連結されているため、インク流れの乱れを抑制することができ、インク流れをノズル孔の中心軸方向に揃えて吐出させることができる。したがって、吐出特性を向上させることができる。

【0010】

また、第1のノズル部は、円形孔であって、第2のノズル部および傾斜部は、シリコン基板の液滴の吐出される側の面とは反対側の面から見たときの開口面形状が正方形または長方形とするのが好ましい。

40

また、ノズル孔は、シリコン基板の液滴の吐出される側の面とは反対側の面に対して当該ノズル孔の内壁が垂直に形成された第2のノズル部を有するものである。

第2のノズル部および傾斜部の断面形状がシリコンの結晶方位に束縛されない形状であるので、ノズル密度を高密度化させることができる。

【0011】

本発明に係るノズル基板の製造方法は、シリコン基板の液滴の吐出に用いられる面に対して当該ノズル孔の内壁が垂直な第1のノズル部と、第1のノズル部と同軸上にシリコン基板の液滴の吐出される側の面とは反対側の面から見たときの第1のノズル部よりも開口平面積が大きくかつ当該面形状が多角形である第2のノズル部とからなるノズル孔を異方

50

性ドライエッチングにより形成する工程と、シリコン基板面に対して垂直な第１のノズル部と、第１のノズル部と同軸上に第１のノズル部よりも断面積が大きく、かつ当該断面形状が多角形である第２のノズル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形成する工程と、ノズル孔の内壁全面に保護膜を形成する工程と、第１のノズル部と第２のノズル部との間の段差部に形成された保護膜を選択的に除去する工程と、第２のノズル部から第１のノズル部に向けて連続して開口平面積が漸減する傾斜部を異方性ウェットエッチングにより形成する工程と、を有するものである。

【００１２】

本発明のノズル基板の製造方法では、第１のノズル部と断面形状が多角形である第２のノズル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形成した後に、ノズル孔の内壁全面に保護膜を形成し、第１のノズル部と第２のノズル部との間の段差部に形成された保護膜のみを選択的に除去した後、異方性ウェットエッチングで段差部を傾斜状に形成するものであり、これにより吐出特性の向上とノズル密度の高密度化とを実現することができるノズル基板を安価に製造することができる。

【００１３】

この場合、段差部に形成された保護膜の除去は異方性ドライエッチングで実施する。また、ノズル孔の内壁に形成された保護膜は熱酸化膜とするのが好ましい。さらに、段差部を異方性ウェットエッチングで傾斜状に形成するためには、傾斜部の断面形状を構成する辺のうち、少なくとも４辺と平行である（１１１）面と直交して現れる（１００）面方位の単結晶シリコン基板を使用するのが好ましい。

【００１４】

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り、吐出特性の向上とノズル密度の高密度化とを実現することができる。

【００１５】

本発明に係る液滴吐出ヘッドの製造方法は、上記のいずれかのノズル基板の製造方法を適用して液滴吐出ヘッドを製造するものであり、吐出特性の向上とノズル密度の高密度化とを実現することができる液滴吐出ヘッドを製造することができる。

【００１６】

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り、吐出特性の向上とノズル密度の高密度化とを実現することができる液滴吐出装置が得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１７】

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、ノズル形状を除き、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、駆動方式についても他の異なる駆動方式により液滴を吐出する液滴吐出ヘッドおよび液滴吐出装置にも適用できるものである。

【００１８】

図１は本実施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あり、一部を断面で表してある。図２は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断面図、図３は図２のインクジェットヘッドの上面図である。また、図４はノズル形状の一例を示した拡大図で、（ａ）はノズル基板を下面からみたときの背面図、（ｂ）は（ａ）図のＡ－Ａ断面図である。

【００１９】

本実施形態のインクジェットヘッド１０は、図１および図２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で構成されている。

【００２０】

ノズル基板 1 は、例えば面方位が (1 0 0) の単結晶シリコン基板から作製されている。ここで、インク滴を吐出するためのノズル孔 1 1 は、第 1 のノズル部 1 1 a と、第 2 のノズル部 1 1 b と、傾斜部 1 1 c とから構成されている。第 1 のノズル部 1 1 a はノズル基板 1 の表面 (インク吐出面) 1 a に対して垂直に小径の円筒状に形成されており、第 2 のノズル部 1 1 b は第 1 のノズル部 1 1 a と同軸上に設けられ、第 1 のノズル部 1 1 a よりも断面積が大きく、断面形状が多角形、例えば四角形であるように形成されている。そして、傾斜部 1 1 c は第 1 のノズル部 1 1 a から第 2 のノズル部 1 1 b に向けて断面積が漸増するように形成されている。したがって、第 1 のノズル部 1 1 a と第 2 のノズル部 1 1 b との間に段差部はなく、傾斜部 1 1 c によって多角形断面の第 2 のノズル部 1 1 b から円形断面の第 1 のノズル部 1 1 a へスムーズに断面積を縮小しながら連結している。

10

ノズルの流路抵抗は、この第 1 のノズル部 1 1 a の口径と長さで規定される。第 1 のノズル部 1 1 a と傾斜部 1 1 c の接続位置 1 1 d (図 4 (b) 参照) は、第 2 のノズル部 1 1 b の大きさが決まれば単結晶シリコン基板の面方位の角度 によって一義的に決まるので、第 1 のノズル部 1 1 a の長さ (ノズル長さ) は単結晶シリコン基板の厚み、すなわち基板表面 (インク吐出面) 1 a を研削あるいはエッチング加工することで正確に調整することができる。なお、傾斜部 1 1 c の断面形状は接続位置 1 1 d では円形になっている。

【 0 0 2 1 】

このノズル孔 1 1 は上記のような形状及び構造となっているので、第 2 のノズル部 1 1 b は流入するインクの流れを整流し、傾斜部 1 1 c はこのインクの流れをノズル中心軸 1 1 0 方向にスムーズに導き、第 1 のノズル部 1 1 a は円筒状の垂直部となっているため、メニスカスを安定に維持しつつノズル中心軸 1 1 0 方向に真っ直ぐにインク滴を吐出する。

20

したがって、第 1 のノズル部 1 1 a と第 2 のノズル部 1 1 b との間に段差部等がなく、淀みが生じないため、安定したインク吐出量で、ノズル中心軸 1 1 0 方向に真っ直ぐにインク滴を吐出することができる。

【 0 0 2 2 】

第 2 のノズル部 1 1 b の断面形状は、図 4 に示すように正方形に形成されているが、正方形に限るものではなく、例えば図 5 に示すように長方形に形成してもよいものである。この場合、長方形の長辺がノズル列方向に対して直角の方向に向くように配置すると、ノズルピッチをより小さくすることが可能となり、ノズル密度が向上し、1 列当たりのノズル数の増加つまり多ノズル化及び長尺化が可能となる。

30

また、円筒状の第 1 のノズル部 1 1 a は、第 2 のノズル部 1 1 b の正方形または長方形の長辺に内接する内接円以下の小さい円形孔であればよい。

よって、本実施形態のノズル孔 1 1 の構成によれば、ノズルの流路特性の性能向上と高密度化を両立させることができる。

【 0 0 2 3 】

キャピティ基板 2 は、例えば面方位が (1 1 0) の単結晶シリコン基板から作製されている。シリコン基板に異方性ウェットエッチングを施し、インク流路の吐出室 2 1 およびリザーバ 2 3 を構成するための凹部 2 4、2 5 が区画形成される。このキャピティ基板 2 上に上記のノズル基板 1 が接着接合され、図 2 に示すようにノズル基板 1 とキャピティ基板 2 との間に各ノズル孔 1 1 に連通するインク流路が区画形成される。そして、吐出室 2 1 (凹部 2 4) の底壁が振動板 2 2 として機能するようになっている。

40

【 0 0 2 4 】

他方の凹部 2 5 は、液状材料のインクを貯留するためのものであり、各吐出室 2 1 に共通に連通するリザーバ (共通インク室) 2 3 を構成する。そして、リザーバ 2 3 (凹部 2 5) はそれぞれ細溝状のオリフィス 2 6 を介して各吐出室 2 1 に連通している。また、リザーバ 2 3 の底部には後述する電極基板 3 を貫通する孔が設けられ、この孔のインク供給孔 3 4 を通じて図示しないインクタンクからインクが供給されるようになっている。なお、オリフィス 2 6 はノズル基板 1 の裏面、すなわちキャピティ基板 2 と接合する接合面 1

50

b 側に形成しても良い。

【 0 0 2 5 】

また、キャビティ基板 2 の全面もしくは少なくとも電極基板 3 との対向面には熱酸化法や T E O S (Tetraethylorthosilicate Tetraethoxysilane : テトラエトキシシラン、珪酸エチル) を原料ガスとするプラズマ C V D (Chemical Vapor Deposition) 法により、 SiO_2 膜やいわゆる H i g h - k 材 (高誘電率ゲート絶縁膜) 等からなる絶縁膜 2 7 が形成されている。この絶縁膜 2 7 は、インクジェットヘッド駆動時における絶縁破壊や短絡を防止する目的で設けられる。

【 0 0 2 6 】

キャビティ基板 2 の下側に接合される電極基板 3 は、例えば厚さ約 1 m m のガラス基板から作製される。電極基板 3 には、キャビティ基板 2 の各振動板 2 2 に対向する位置に所望の深さの凹部 3 2 がエッチングで形成されている。さらに、各凹部 3 2 内には、一般に、I T O (Indium Tin Oxide : インジウム錫酸化物) からなる個別電極 3 1 が、例えば 0 . 1 μm の厚さでスパッタにより形成される。したがって、振動板 2 2 と個別電極 3 1 との間に所定の間隔をもつギャップ (空隙) が形成される。

【 0 0 2 7 】

個別電極 3 1 は、リード部 3 1 a と、フレキシブル配線基板 (図示せず) に接続される端子部 3 1 b とを有する。端子部 3 1 b は、配線のためにキャビティ基板 2 の末端部が開口された電極取り出し部 3 5 内に露出している。

【 0 0 2 8 】

上述のように作製された、ノズル基板 1、キャビティ基板 2、および電極基板 3 を、図 2 に示すように貼り合わせるによりインクジェットヘッド 1 0 の本体部が作製される。すなわち、キャビティ基板 2 と電極基板 3 は陽極接合により接合され、そのキャビティ基板 2 の上面にノズル基板 1 が接着により接合される。さらに、振動板 2 2 と個別電極 3 1 との間に形成されるギャップの開放端部はエポキシ系樹脂等による封止材 3 6 で気密に封止される。これにより、湿気や塵埃等がギャップへ侵入するのを防止することができ、インクジェットヘッド 1 0 の信頼性を高く保持することができる。

【 0 0 2 9 】

そして最後に、図 2、図 3 に簡略化して示すように、ドライバ I C 等の駆動制御回路 4 0 を搭載した前記フレキシブル配線基板 (図示せず) が各個別電極 3 1 の端子部 3 1 b とキャビティ基板 2 上に設けられた共通電極 2 8 とに導電性接着剤等を用いて接続される。

以上により、インクジェットヘッド 1 0 が完成する。

【 0 0 3 0 】

次に、以上のように構成されるインクジェットヘッド 1 0 の動作を説明する。

インクは、リザーバ 2 3 からノズル基板 1 のノズル孔 1 1 の先端に至るまで、各インク流路内に気泡を生じることなく満たされている。

印刷を行う際には、ドライバ I C 等の駆動制御回路 4 0 によりノズル選択し、振動板 2 2 と個別電極 3 1 との間に所定のパルス電圧を印加すると、静電引力が発生して振動板 2 2 は個別電極 3 1 側へ引き寄せられて撓み、個別電極 3 1 に当接して、吐出室 2 1 内に負圧を発生させる。これにより、リザーバ 2 3 内のインクがオリフィス 2 6 を通じて吐出室 2 1 内に吸引され、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 2 2 は個別電極 3 1 から離脱して、その時の振動板 2 2 の復元力によりインクをノズル孔 1 1 から押し出し、インク滴を記録紙 (図示せず) に向けて吐出する。

【 0 0 3 1 】

次に、このインクジェットヘッド 1 0 の製造方法について、ここでは主に、ノズル基板 1 の製造方法について、図 6 ~ 図 1 0 を参照して説明する。図 6 ~ 図 1 0 はノズル基板 1 の製造工程を示す部分断面図である。

【 0 0 3 2 】

(a) まず、図 6 (a) に示すように、厚みが 2 8 0 μm 、面方位が (1 0 0) の単結晶

10

20

30

40

50

シリコン基板 100 を用意し、このシリコン基板 100 の全面に膜厚 $1\ \mu\text{m}$ の熱酸化膜 (SiO_2 膜) 101 を均一に成膜する。この SiO_2 膜 101 は、例えば熱酸化装置にシリコン基板 100 をセットし、酸化温度 1075°C 、酸素と水蒸気の混合雰囲気中で 4 時間熱酸化を行うことにより形成する。 SiO_2 膜 101 はシリコンの耐エッチング材として使用するものである。

(b) 次に、図 6 (b) に示すように、シリコン基板 100 の片面、すなわちキャビティ基板 2 と接合される側の面 (接合面) 100a の SiO_2 膜 101 上にレジスト 102 をコーティングし、ノズル孔 11 の第 2 のノズル部 11b となる多角形部 110a (例えば、正方形となる部分) をパターンニングする。

【0033】

(c) 次に、図 6 (c) に示すように、例えばフッ酸水溶液とフッ化アンモニウム水溶液を 1 対 6 で混合した緩衝フッ酸水溶液で SiO_2 膜 101 をハーフエッチングし、第 2 のノズル部 11b となる多角形部 110a の SiO_2 膜 101 を薄くする。このとき、インク吐出側の面 100b の SiO_2 膜 101 もエッチングされ、 SiO_2 膜 101 の厚みが減少する。

(d) 次に、図 6 (d) に示すように、上記レジスト 102 を硫酸洗浄などにより剥離する。

(e) 次に、図 6 (e) に示すように、シリコン基板 100 の接合面 100a 側に再度レジスト 103 をコーティングし、ノズル孔 11 の第 1 のノズル部 11a となる小円形部 110b をパターンニングする。

【0034】

(f) 次に、図 7 (f) に示すように、RIE (Reactive Ion Etching) 装置で SiO_2 膜 101 をドライエッチングして、第 1 のノズル部 11a となる小円形部 110b の SiO_2 膜 101 を開口する。

第 1 のノズル部 11a となる小円形部 110b の SiO_2 膜 101 をドライエッチングで開口することで、ウェットエッチングの場合よりもノズル径の精度を向上させることができる。

(g) 次に、図 7 (g) に示すように、シリコン基板 100 の接合面 100a 側に設けたレジスト 103 を、硫酸洗浄などにより剥離する。

【0035】

(h) 次に、図 7 (h) に示すように、ICP (Inductively Coupled Plasma) ドライエッチング装置を用いて SiO_2 膜 101 の開口部を、例えば深さ $50\ \mu\text{m}$ で垂直に異方性ドライエッチングして、円形穴の第 1 のノズル部 11a を形成する。この場合、エッチングガスとして、例えば、 C_4F_8 (フッ化炭素)、 SF_6 (フッ化硫黄) 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、 C_4F_8 は形成される円形穴部の側面方向にエッチングが進行しないように円形穴部の側面を保護するために使用し、 SF_6 は円形穴部の垂直方向のエッチングを促進するために使用する。

【0036】

(i) 次に、図 7 (i) に示すように、第 2 のノズル部 11b となる角穴部の SiO_2 膜 101 のみが無くなるように、緩衝フッ酸水溶液でハーフエッチングする。

(j) 次に、図 7 (j) に示すように、再度 ICP ドライエッチング装置により SiO_2 膜 101 の開口部を、例えば $20\ \mu\text{m}$ の深さで垂直に異方性ドライエッチングして、角穴状の第 2 のノズル部 11b を形成する。

【0037】

(k) 次に、図 8 (k) に示すように、上記 (j) の工程におけるシリコン基板表面の SiO_2 膜 101 を除去せず残したまま、シリコン基板 100 を熱酸化し、熱酸化膜 (SiO_2 膜) 104 を形成する。この SiO_2 膜 104 は、ノズル孔 11 の内壁 (第 1 のノズル部 11a と第 2 のノズル部 11b の側面及び底面) 全面に保護膜として形成する。これには、シリコン基板 100 を熱酸化装置にセットし、酸化温度 1000°C 、酸化時間 3 時間、酸素雰囲気中の条件で熱酸化処理を行うことにより、ノズル孔 11 内壁を含むシリコン

10

20

30

40

50

基板 100 全面にさらに膜厚 $0.1\ \mu\text{m}$ の SiO_2 膜 104 を形成する。これにより、 SiO_2 膜 104 の膜厚は、ノズル孔 11 内壁よりもシリコン基板表面の方が厚く形成される。

【0038】

(1) 次に、図 8 (1) に示すように、RIE (Reactive Ion Etching) ドライエッチング装置を用いて異方性ドライエッチングを行うことにより、第 1 のノズル部 11 a の底部 11 f 及び段差部 11 e の SiO_2 膜 104 を選択的に除去する。このとき、第 1 のノズル部 11 a の垂直な側面の SiO_2 膜 104 はほとんど浸食されない。

【0039】

(m) 次に、図 8 (m) に示すように、25% TMAH 水溶液でシリコン基板 100 を異方性ウェットエッチングすることにより、第 1 のノズル部 11 a の段差部 11 e を逆四角錐形状に形成する。これにより、第 1 のノズル部 11 a と第 2 のノズル部 11 b との間に傾斜部 11 c が形成される。

【0040】

ここで、図 11、図 12 を参照してさらに詳しく説明する。図 11 (a) は上記 (1) の工程、図 11 (b) は上記 (m) の工程におけるノズル形態を示す上面図 (上図) と B-B 断面図 (下図) である。但し、上面図では SiO_2 膜 104 は図示を省略している。図 12 (a) は従来のノズル形態に対して本発明の加工法を適用した場合、図 12 (b) は本発明のノズル形態を示す説明図である。

図 11 (a) に示すように、ノズル孔 11 に対して異方性ドライエッチングを行うと、第 1 のノズル部 11 a の底部 11 f と段差部 11 e の SiO_2 膜 104 のみを選択的に除去される。次に、図 11 (b) に示すように、異方性ウェットエッチングを行うと、シリコンの (100) 面方位に従って斜め方向にエッチングされ、第 1 のノズル部 11 a の底部 11 f 及び段差部 11 e は逆四角錐形状に加工される。このため、段差部 11 e は第 2 のノズル部 11 b から第 1 のノズル部 11 a に向けて断面積が漸減する傾斜部 11 c となる。このノズル形態を模式的に示すと、図 12 (b) のようになる。これに対して、従来のノズル形態 (特許文献 5 参照) に対して本発明の加工方法を適用した場合、すなわち 2 段の円筒状に形成された第 1 のノズル部 11 a と第 2 のノズル部 11 b' と円環状の段差部 11 e' とを有するノズル孔に対して、段差部 11 e' の SiO_2 膜を除去した後に、異方性ウェットエッチングを行うと、この段差部 11 e' の円の接線方向がシリコンの (111) 面となるため、エッチングが辺方向と四隅方向に進行して、段差部 11 e' が逆四角錐形状に加工される。このため、四隅部にアンダーカットが発生し、ノズル断面積が段差部 11 e' で急激に変化するため、インクの流れが乱されて渦等が生じてしまい、吐出特性上好ましくない。

したがって、本発明では、はじめから第 2 のノズル部 11 b を角穴状に形成し、段差部 11 e に上記のようなアンダーカットが生じないようにするものである。

【0041】

再び図 8 に戻って説明を続ける。

(n) 図 8 (n) に示すように、上記の SiO_2 膜 104 をフッ酸水溶液で全て除去し、再度熱酸化膜 (SiO_2 膜) 105 を $0.1\ \mu\text{m}$ の厚みで形成する。熱酸化膜 105 の成膜条件は、上記 (k) の工程で示した条件と同じである。

【0042】

(o) 次に、図 8 (o) (以後、図 9 (r) に至るまで、図 8 (n) に示したシリコン基板 100 の上下を逆転した状態で示す) に示すように、シリコン基板 100 の接合面 100 a に、両面接着シート 50 を介して、ガラス等の透明材料よりなる支持基板 120 を貼り付ける。この両面接着シート 50 には、例えば、セルフア BG (登録商標: 積水化学工業) を用いる。両面接着シート 50 は自己剥離層 51 を持ったシート (自己剥離型シート) で、その両面には接着面を有し、その一方の面にはさらに自己剥離層 51 を備え、この自己剥離層 51 は紫外線または熱などの刺激によって接着力が低下するようになっている。

10

20

30

40

50

このように、両面接着シート50の接着面のみよりなる面50aを支持基板120の面と向かい合わせ、両面接着シート50の自己剥離層51を備えた側の面50bをシリコン基板100の接合面100aと向かい合わせ、これらの面を減圧環境下(10Pa以下)、例えば真空中で貼り合わせる。こうすることによって、接着界面に気泡が残らず、きれいな接着が可能になる。接着界面に気泡が残ると、研磨加工で薄板化されるシリコン基板100の板厚がばらつく原因となる。また、シリコン基板100と支持基板120を両面接着シート50を介して貼り合わせるだけでよいので、従来のようにシリコン基板100のノズル孔11に接着樹脂等の異物が入り込むことがなく、このためシリコン基板100から両面接着シート50を分離する際にシリコン基板100に割れや欠けが生じることはなく、ノズル基板1の歩留まりを向上させ、生産性を飛躍的に向上させることができる。

10

【0043】

なお、上記の説明では両面接着シート50の一方の面50bにのみ自己剥離層51を備えている場合を示したが、自己剥離層51は両面接着シート50の両方の面50a、50bに設けたものであってもよい。この場合は、シリコン基板100の薄板化加工時には、自己剥離層を持った両面50a、50bでそれぞれシリコン基板100と支持基板120に接着した状態でシリコン基板100を加工することができ、処理後には自己剥離層を有する両面50a、50bにおいて、シリコン基板100と支持基板120を剥離することができる。

【0044】

(p)次に、図9(p)に示すように、シリコン基板100のインク吐出側の面100bをバックグラインダー(図示せず)によって研削加工し、第1のノズル部11aの先端が開口するまでシリコン基板100を薄くする。さらに、ポリッシャー、CMP装置によってノズル面100bを研磨し、第1のノズル部11aの先端部の開口を行っても良い。このとき、第1のノズル部11a及び第2のノズル部11b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。

20

あるいは、第1のノズル部11a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、 SF_6 をエッチングガスとするドライエッチングで、第1のノズル部11aの先端部までシリコン基板100を薄くし、表面に露出した第1のノズル部11aの先端部の SiO_2 膜105を、 CF_4 又は 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。

30

【0045】

(q)次に、図9(q)に示すように、シリコン基板100のインク吐出側の面100bに、スパッタ装置で SiO_2 膜106を0.1 μm の厚みで成膜する。ここで、 SiO_2 膜106の成膜は、両面接着シート50が劣化しない温度(200程度)以下で実施できればよく、スパッタリング法に限るものではない。ただし、耐インク性等を考慮すると緻密な膜を成膜する必要がある、ECRスパッタ装置等の常温で緻密な膜を成膜できる装置を使用することが望ましい。

(r)次に、図9(r)に示すように、シリコン基板100のインク吐出側の面100bにさらに撥インク処理を施す。この場合、F原子を含む撥インク性を持った材料を蒸着やディッピングで成膜し、撥インク層107を形成する。このとき、第1のノズル部11a及び第2のノズル部11bの内壁も、撥インク処理される。

40

【0046】

(s)次に、図9(s)(以後、図10(v)に至るまで、図9(r)に示したシリコン基板100の上下を逆転した状態で示す)に示すように、撥インク処理されたインク吐出側の面100bに、ダイシングテープ60をサポートテープとして貼り付ける。

(t)次に、図9(t)に示すように、支持基板120側からUV光を照射する。

(u)こうして、図10(u)に示すように、両面接着シート50の自己剥離層51をシリコン基板100の接合面100a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。

(v)次に、図10(v)に示すように、Arスパッタもしくは O_2 プラズマ処理によ

50

て、シリコン基板 100 の接合面 100 a 側および第 1 のノズル部 11 a、第 2 のノズル部 11 b の内壁に余分に形成された撥インク層 107 を除去する。

【0047】

(w) 次に、図 10 (w) (以後、図 10 (x) に至るまで、図 10 (v) に示したシリコン基板 100 の上下を逆転した状態で示す) に示すように、シリコン基板 100 の接合面 100 a (ダイシングテープ 60 が貼り付けられているインク吐出側の面 100 b と反対側に位置する面) を吸着治具 70 に吸着固定し、インク吐出側の面 100 b にサポートテープとして貼り付けられているダイシングテープ 60 を剥離する。

【0048】

(x) 最後に、図 10 (x) に示すように、吸着治具 70 の吸着固定を解除して、シリコン基板 100 からノズル基板 1 を回収する。

10

シリコン基板 100 にはノズル基板外輪溝が彫られているため、吸着治具 70 からピックアップする段階でノズル基板 1 は個片に分割されている。

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 を形成する。なお、ノズル内に入り込んだ自己剥離層 51 が、接合面 100 a 側のノズル稜線部に付着して残る場合もあるが、硫酸洗浄等により除去することができる。

【0049】

次に、上記のようにして構成したノズル基板 1 の接合面 100 a に、キャビティ基板 2 の接合面を貼り合せる (接合工程は図示せず)。

以上の工程を経ることにより、ノズル基板 1 とキャビティ基板 2 の接合体を形成する。

20

【0050】

その後、ノズル基板 1 とキャビティ基板 2 からなる接合体において、キャビティ基板 2 の他の接合面に電極基板 3 の接合面を貼り付ける (接合工程は図示せず)。

以上の工程を経ることにより、ノズル基板 1、キャビティ基板 2 及び電極基板 3 の接合体を形成し、インクジェットヘッド 10 を完成する。

【0051】

なお、前記図 7 (h) ~ 図 8 (o) の工程において、第 1 のノズル部 11 a はシリコン基板 100 を貫通しない状態で形成してあるが、貫通させてもかまわない。

【0052】

本実施形態に係るノズル基板の製造方法によれば、以下のような効果がある。

30

(1) 円筒状の第 1 のノズル部 11 a と角穴状の第 2 のノズル部 11 b とを段差部を介さずに傾斜状に連続形成することができるため、吐出特性の向上とノズル密度の高密度化とを両立させることができる。

(2) 傾斜部 11 c の形状が角穴状の第 2 のノズル部 11 b を外縁とした逆四角錐形状となるため、形状制御が容易である。

(3) 従来の 2 段ノズル加工工程のように段差部 11 e を形成する工程を追加するだけでよく、既存の設備で実施することができ、追加投資は不要である。

(4) マスク等を必要とせず、ノズル内壁の段差部および底部の酸化膜のみを選択的に除去することができる。

(5) ノズル内壁に良好なカバレッジで酸化膜を形成できる。

40

【0053】

上記の実施形態では、ノズル基板およ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 13 に示すインクジェットプリンタ 200 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。

【図面の簡単な説明】

【0054】

50

【図 1】本発明の実施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 のインクジェットヘッドの上面図。

【図 4】ノズル形状の一例を示す拡大図で、(a) は背面図、(b) は (a) 図の A - A 断面図。

【図 5】ノズル形状の他の例を示す拡大図。

【図 6】ノズル基板の製造工程を示す部分断面図。

【図 7】図 6 に続く製造工程を示す部分断面図。

【図 8】図 7 に続く製造工程を示す部分断面図。

【図 9】図 8 に続く製造工程を示す部分断面図。

【図 10】図 9 に続く製造工程を示す部分断面図。

【図 11】図 8 (l)、(m) の工程におけるノズル形態を示す説明図。

【図 12】従来のノズル形態に対して本発明の加工法を適用した場合と本発明のノズル形態を示す説明図。

【図 13】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。

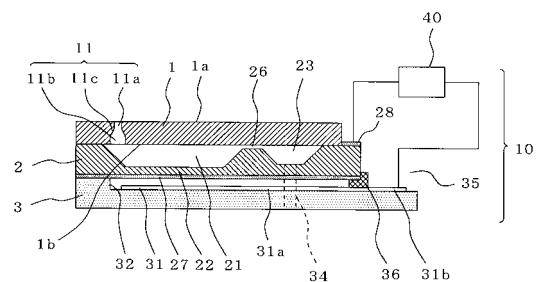
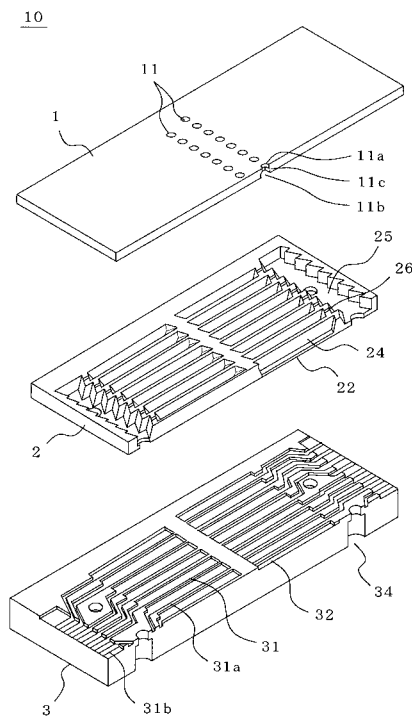
【符号の説明】

【 0 0 5 5 】

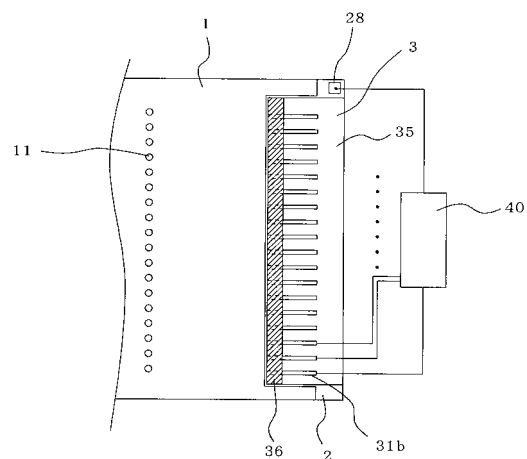
1 ノズル基板、2 キャピティ基板、3 電極基板、10 インクジェットヘッド、
11 ノズル孔、11a 第 1 のノズル部、11b 第 2 のノズル部、11c 傾斜部、
21 吐出室、22 振動板、23 リザーバ、26 オリフィス、27 絶縁膜、28
共通電極、31 個別電極、32 凹部、34 インク供給孔、35 電極取り出し部
、36 封止材、40 駆動制御回路、100 シリコン基板、104 SiO₂膜（熱
酸化膜）、200 インクジェットプリンタ。

【図 1】

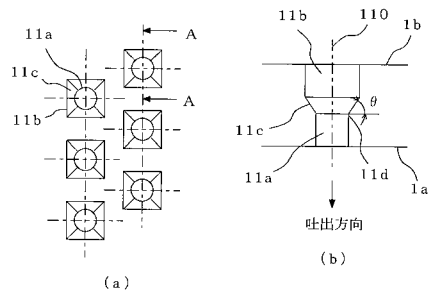
【図 2】



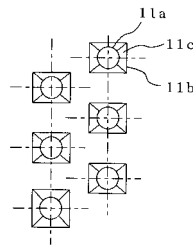
【図 3】



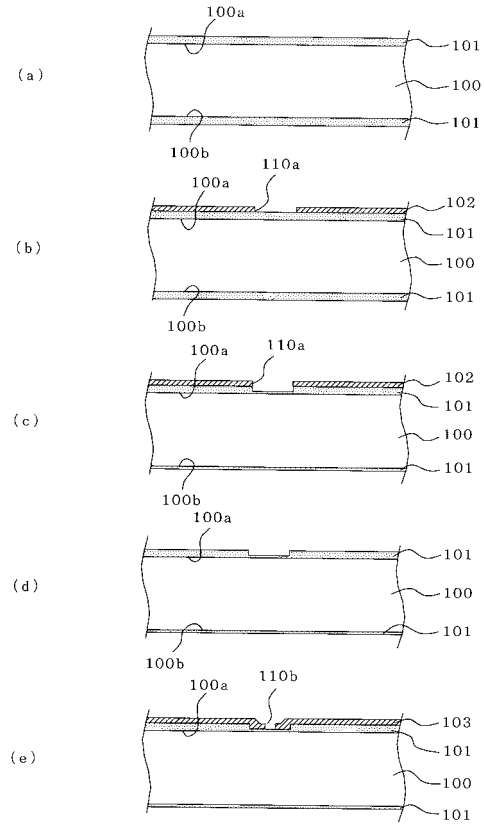
【図 4】



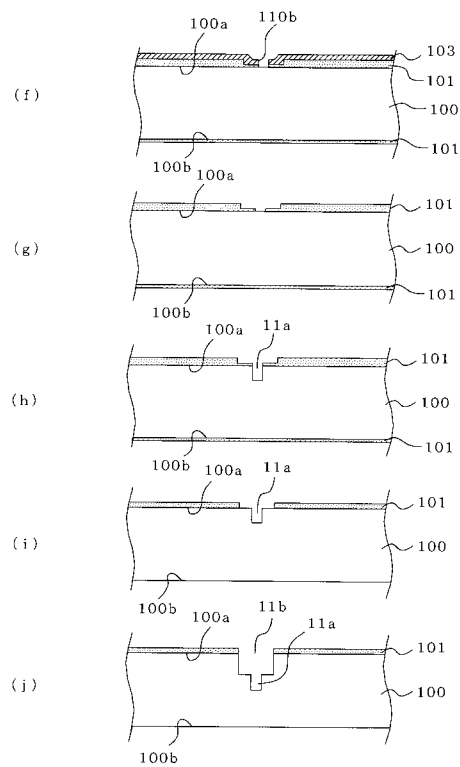
【図 5】



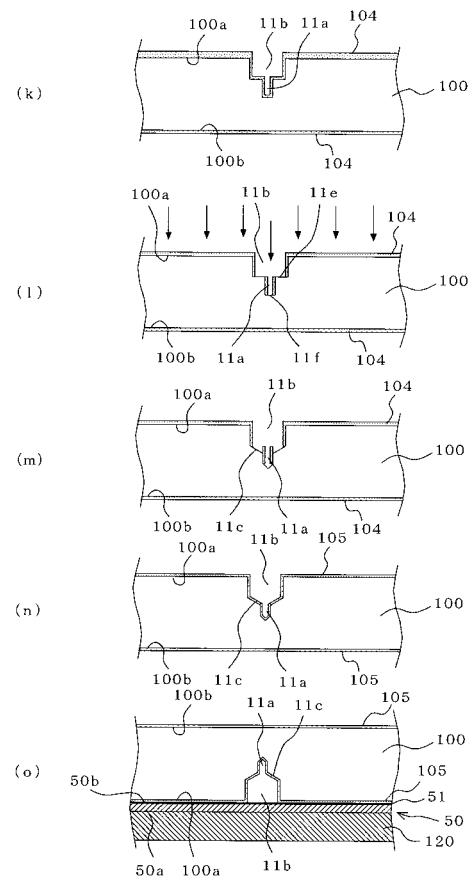
【図 6】



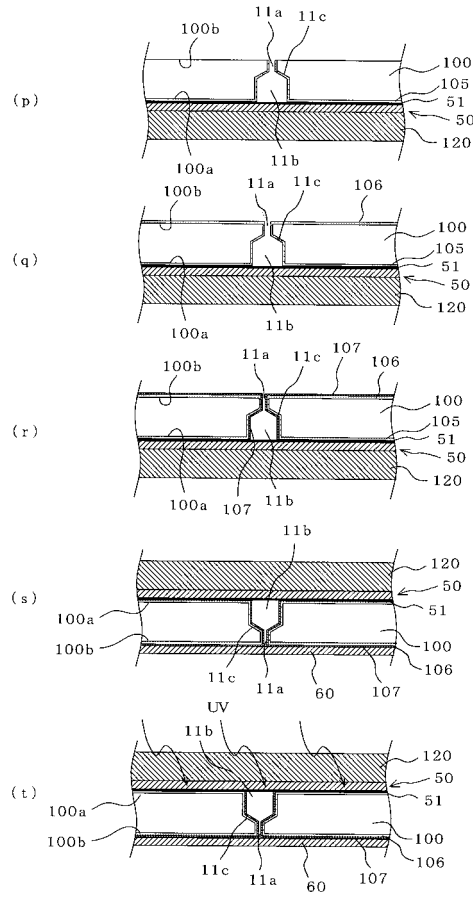
【図 7】



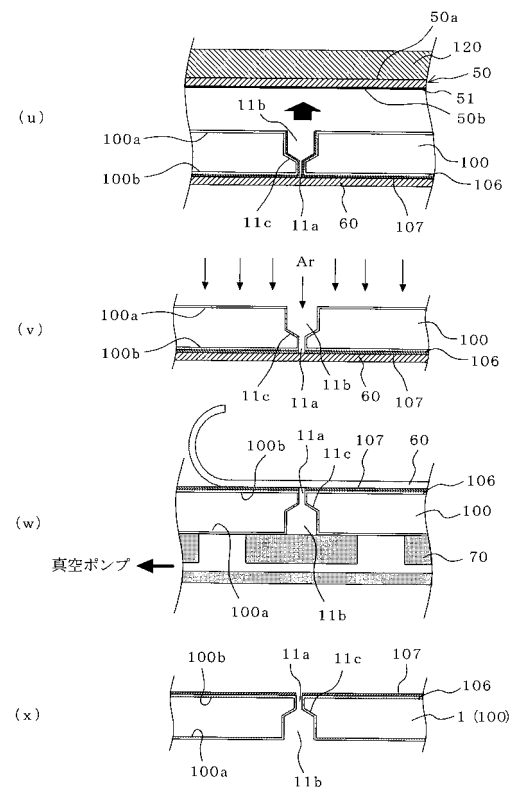
【図 8】



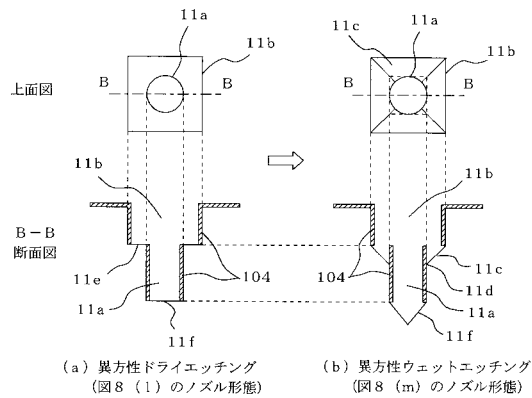
【図 9】



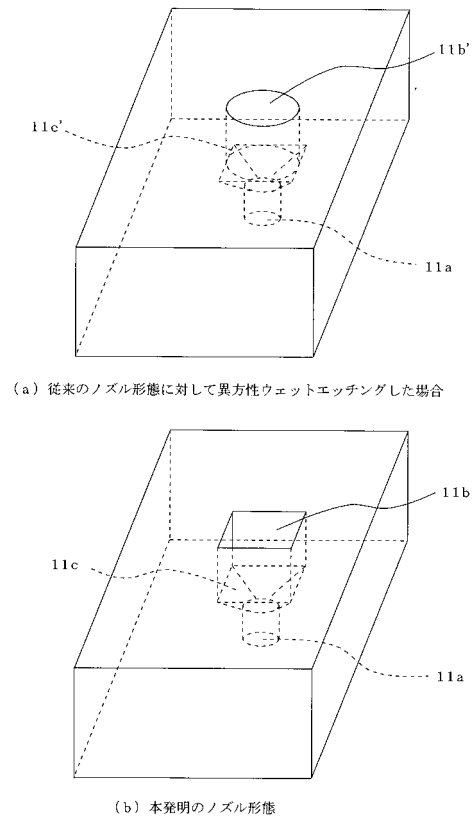
【図 10】



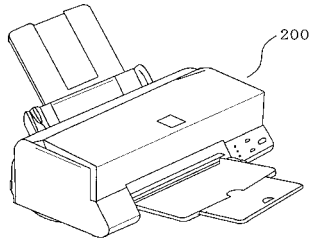
【図 11】



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

審査官 小島 寛史

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

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