

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3984689号  
(P3984689)

(45) 発行日 平成19年10月3日(2007.10.3)

(24) 登録日 平成19年7月13日(2007.7.13)

(51) Int. Cl.	F I	
B 4 1 J 2/16 (2006.01)	B 4 1 J 3/04	1 0 3 H
B 4 1 J 2/05 (2006.01)	B 4 1 J 3/04	1 0 3 B
B 8 1 B 3/00 (2006.01)	B 8 1 B 3/00	
B 8 1 C 1/00 (2006.01)	B 8 1 C 1/00	
H O 1 L 21/28 (2006.01)	H O 1 L 21/28	L
請求項の数 8 (全 21 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願平9-308619	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成9年11月11日(1997.11.11)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開平10-181032		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成10年7月7日(1998.7.7)	(74) 代理人	100090538
審査請求日	平成14年12月24日(2002.12.24)		弁理士 西山 恵三
(31) 優先権主張番号	特願平8-298642	(74) 代理人	100096965
(32) 優先日	平成8年11月11日(1996.11.11)		弁理士 内尾 裕一
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	八木 隆行
(31) 優先権主張番号	特願平8-298643		東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内
(32) 優先日	平成8年11月11日(1996.11.11)	(72) 発明者	小林 順一
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 インクジェットヘッドの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

インクを吐出する複数の吐出口と、  
 該吐出口に連通するインク流路と、  
 前記複数の吐出口に対応して設けられ、インクを吐出するために利用されるエネルギーを発生するエネルギー発生素子を表面に備えるシリコン基板と、

を有し、

該シリコン基板に、前記インク流路にインクを供給するスルーホールからなるインク供給口を備えるインクジェットヘッドの製造方法であって、

(a) 前記基板表面のインク供給口形成部位に前記基板の材料に対して選択的にエッチングが可能な犠牲層を形成する工程と、

(b) 前記基板上に該犠牲層を被覆するようにパッシベーション層を形成する工程と、

(c) 前記犠牲層に対応した開口部を有するエッチングマスク層を前記基板裏面に形成する工程と、

(d) 前記エッチングマスク層をマスクとして、該マスクの前記開口部より基板を結晶軸異方性エッチングにてエッチングする工程と、

(e) 前記パッシベーション層をエッチングストップ層として、前記犠牲層をエッチングにより除去し、前記パッシベーション層の一部からなるメンブレン部を形成する工程と、

(f) 前記犠牲層を除去後に前記基板表面に形成された開口をマスクとし、前記メンブレン部をエッチングすることで前記インク供給口を形成する工程と、

10

20

を有することを特徴とするインクジェットヘッドの製造方法。

【請求項 2】

前記基板のエッチングと、前記犠牲層のエッチングが連続的に行われることを特徴とする請求項 1 に記載のインクジェットヘッドの製造方法。

【請求項 3】

前記パッシベーション層として、窒化シリコン膜を用いることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のインクジェットヘッドの製造方法。

【請求項 4】

前記パッシベーション層を形成する工程において、前記窒化シリコン膜は、減圧 C V D 法によって形成されることを特徴とする請求項 3 に記載のインクジェットヘッドの製造方法。

【請求項 5】

前記パッシベーション層を形成する工程において、前記パッシベーション層は、スルーホール近傍のみに残るようパターンニングされることを特徴とする請求項 4 に記載のインクジェットヘッドの製造方法。

【請求項 6】

前記犠牲層が、多結晶シリコン膜よりなることを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載のインクジェットヘッドの製造方法。

【請求項 7】

前記犠牲層を形成する工程が、前記基板を陽極化成して多孔質化することにより前記基板に犠牲層を形成するものであることを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載のインクジェットヘッドの製造方法。

【請求項 8】

前記犠牲層が、前記基板を陽極化成して多孔質化することにより基板に作り込まれた多孔質シリコンを酸化した二酸化シリコンからなることを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載のインクジェットヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、シリコンウエハに形成する貫通孔（以下「スルーホール」）を備えたインクジェットヘッドの製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、小型の可動機構を有する微小機械がマイクロメカニクス技術により検討されている。特に、半導体集積回路形成技術（半導体フォトリソグラフィプロセス）を用いて単結晶シリコン基板に形成するマイクロ構造体は、基板上に複数の小型で作製再現性の高い微小な機械部品を作製することが可能であるため、アレイ化、低コスト化が比較的容易となり、かつ小型化により従来の機械式構造体に比べて高速応答性が期待できるものである。このような半導体フォトリソグラフィプロセスを用いるマイクロメカニクス技術において、シリコンの（111）面と他の結晶面とのエッチング速度差が生じることを利用したシリコン結晶軸異方性エッチングを用いるバルクマイクロマシーニング（Bulk Micromachining）は、薄膜カンチレバーやノズル等を形成するために用いるスルーホールを精度良く作製する上で必須の技術である。そして、シリコン基板の裏面のみから結晶軸異方性エッチングを行いスルーホールを作製する方法は、基板表面にカンチレバーやマイクロバルブ等の様々のデバイスを作製することが可能な方法であることから、この方法を用い様々なデバイスの研究開発がなされている。

【0003】

ところで、シリコン基板の裏面より結晶軸異方性エッチングを行いスルーホールを作製する方法では図 1 2 に示すところの基板表面のスルーホールの開口長  $d$  は、基板裏面のスルーホールの開口長  $D$  と基板の厚さ  $t$ 、及び用いる結晶異方性エッチング液により決まり

10

20

30

40

50

、(100)面の結晶方位面を有するシリコン基板では、開口長 $d$ は略〔数1〕の関係で表すことができる。

【0004】

$d \sim (D - 2t / \tan(54.7^\circ) + 2Rt / \sin(54.7^\circ)) \dots$ 〔数1〕

ここで、 $R$ は(111)面と(100)面のエッチレート比である。このように予め与えられたカンチレバーの材料及び膜厚から、開口長 $D$ を変えるだけで所望の長さのカンチレバーを得ることができ、これにより所望の共振周波数やばね定数を有するカンチレバーを作製することが可能である。また、同様に所望のオリフィス径のノズルを作製することが可能である。このようにシリコン基板の裏面から結晶軸異方性エッチングしてスルーホールを作製する方法により、基板表面にカンチレバーやノズル等の様々のデバイスを作製することが可能となる。上述した2つの例では何れも開口長によりカンチレバー長、オリフィス径を決定している。

10

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、シリコンウエハは、ウエハ間やウエハロット間で、製造に伴う基板厚及び結晶軸方位を示すオリエンテーションフラット(以下「OF」と言う)のバラツキを有している。例えば4"のシリコンウエハ間及びロット間バラツキは、厚みで500 $\mu\text{m}$ から525 $\mu\text{m}$ であり(厚み分布差  $t = 25\mu\text{m}$ )、結晶軸方位で $\pm 0.4^\circ$ 程度となっている。この為、(100)面の結晶軸を有する4"の基板では、厚み分布差  $t$ によって35 $\mu\text{m}$ 程の表面の開口長バラツキ  $d$ がウエハ間またはロット間で生じることになる。

20

【0006】

また裏面開口部はOFに合わせてパターンニングされるため、OFの角度分布差より裏面開口部の角度のバラツキが生じることになる。したがって上述のOFの角度分布差では1000 $\mu\text{m}$ 角の開口長を表面に開ける場合には12 $\mu\text{m}$ 程の開口長バラツキがウエハ間またはロット間で生じることになる。

【0007】

以上のように、シリコン基板裏面からエッチングしスルーホールを作製する場合、ウエハ製造時に発生する基板厚み分布及びOF角度分布に伴い基板表面の開口長バラツキ  $d$ が発生する。

30

【0008】

また近年、結晶軸異方性エッチング液としてはKOH、EDPは毒性が強く取り扱いが難しいことから、TMAH(Tetramethyl ammonium hydroxide)が用いられるようになってきている。このTMAHは毒性が低く、金属イオンを含まない為にLSIプロセスとのコンパチビリティに優れたエッチング液である。このTMAHにおいては、シリコンの(111)面と(100)面のエッチレート比 $R$ はTMAH濃度に依存しており(U. Schnakenberg et al., "TMAHW Etchnats for Silicon Micromachining", The 6th International Conference on Solid-State Sensors and Actuators, Transducers '91, 1991, pp 815 - 818)、例えば22wt%では $R$ が0.03、10wt%では $R$ が0.05となる。上述のエッチングレート比 $R$ を〔数1〕にあてはめると、TMAH濃度の差によって525 $\mu\text{m}$ の基板で27 $\mu\text{m}$ の開口長バラツキ  $d$ が生じることとなる。すなわち、TMAHを用いてスルーホールを作製する場合には基板厚み分布及びOF角度分布に加えてエッチング中のエッチング液の濃度変化により開口長 $d$ の誤差範囲がさらに大きくなる。

40

【0009】

シリコン基板に所望の開口長を有するノズルの作製方法としては、シリコン基板に高濃度のp型拡散層を形成する方法が知られている(E. Bassous, "Fabrica

50

tion of Novel Three-Dimensional Microstructures by the Anisotropic Etching of (100) and (110) Silicon", IEEE Trans. on Electron Devices, Vol. ED-25, No. 10, 1978, p1178-). これは、不純物濃度が  $7 \times 10^{19} \text{ (cm}^3\text{)}$  以上の p 型拡散層は結晶軸異方性エッチング液でエッチングされない性質を利用する方法である。シリコン基板に二酸化シリコン膜を形成し、該二酸化シリコン膜をオリフィス形状にパターニングした後に高濃度にボロン (B) を基板に拡散し p 型拡散層を形成し、再度二酸化シリコン膜を形成し、基板裏面側の二酸化シリコン膜に開口部を形成し、結晶軸異方性エッチングによりエッチングすることにより、(111) 面とオリフィスを有する p 型拡散層のメンブレンとに囲まれたノズルを作製でき、精度良くオリフィスを作製できる。しかしながら、この方法ではメンブレン厚みが  $3 \mu\text{m}$  と薄く、メンブレン厚みを厚くするためには高濃度不純物注入する必要があるが、そのため、イオン注入法により行う場合の注入時間を長く、且つ拡散層厚を厚くするため拡散時間を長く取る必要がある。例えば、 $15 \sim 20 \mu\text{m}$  程度の拡散層を得ようとすると、 $1 \times 10^{16} \text{ atom/cm}^2$  以上の不純物イオン注入量が必要となり、また 1, 175 にて  $15 \sim 20$  時間程度の拡散時間が必要となり、生産性が低下することになる。また、このようにシリコン基板が高温にて長時間熱処理されると、バルク内に結晶欠陥が発生、増加することがある。そして、前記欠陥により結晶軸異方性エッチングの工程で終端される (111) 面にエッチング荒れが発生し、開口端を直線性よく形成できず、基板表面の開口長  $d$  に寸法分布が生じる。

10

20

#### 【0010】

さらに、シリコン基板上に回路を集積する場合、nMOS のウェルや絶縁拡散層等を形成するために、上記と同程度の、高温で長時間の熱処理が行われる。このような、熱処理による結晶欠陥はシリコンウエハのロット毎に違い、且つウエハ内の各部分毎でも異なる為、開口部毎にその開口長  $d$  の寸法分布が異なる。マイクロメカニクスデバイスと電子回路とを集積化する場合には、前記結晶欠陥のために基板表面の開口端の直線性を精度良く作製できないという問題が生じる。

#### 【0011】

本発明は、上記従来技術の有する問題点に鑑みなされたものであり、その目的は、  
 (1) シリコン基板の裏面のみからエッチングしてスルーホールを作製でき、  
 (2) シリコンウエハ間及びロット間のウエハ厚さバラツキによらず所望の開口長  $d$  を得ることができ、  
 (3) シリコンウエハ間及びロット間の OF の角度バラツキによらず所望の開口長  $d$  を得ることができ、  
 (4) 使用するシリコン結晶異方性エッチング液の種類によらず精度良くスルーホールの開口長  $d$  を制御でき、  
 (5) 生産性が高く、且つ製造の容易で作製再現性の高い、  
 (6) 長時間の高温熱処理を施しても、開口端面を直線性よく形成でき、  
 (7) 基板表面に形成するデバイス形状によらない、  
 スルーホールの作製方法を適用することで、高精度のインク供給口を容易に作製することができ、高品位のインクジェットプリンターヘッドを提供することができるものである。

30

40

#### 【0012】

##### 【課題を解決するための手段】

かかる目的を達成する本発明は、インクを吐出する複数の吐出口と、該吐出口に連通するインク流路と、前記複数の吐出口に対応して設けられ、インクを吐出するために利用されるエネルギーを発生するエネルギー発生素子を表面に備えるシリコン基板と、を有し、該シリコン基板に、前記インク流路にインクを供給するスルーホールからなるインク供給口を備えるインクジェットヘッドの製造方法であって、(a) 前記基板表面のインク供給口形成部位に前記基板の材料に対して選択的にエッチングが可能な犠牲層を形成する工程と、(b) 前記基板上に該犠牲層を被覆するようにパッシベーション層を形成する工程と

50

、(c)前記犠牲層に対応した開口部を有するエッチングマスク層を前記基板裏面に形成する工程と、(d)前記エッチングマスク層をマスクとして、該マスクの前記開口部より基板を結晶軸異方性エッチングにてエッチングする工程と、(e)前記パッシベーション層をエッチングストップ層として、前記犠牲層をエッチングにより除去し、前記パッシベーション層の一部からなるメンブレン部を形成する工程と、(f)前記犠牲層を除去後に前記基板表面に形成された開口をマスクとし、前記メンブレン部をエッチングすることで前記インク供給口を形成する工程と、を有することを特徴とするインクジェットヘッドの製造方法である。

#### 【0013】

本発明の方法によりインク供給口を作製したことにより、表面のインク供給口の端部から発熱抵抗体の中心までの距離Lが、開口部の開口長変動や、シリコン基板の厚み、OF等のバラツキ、高温熱処理による開口端の直線劣化等により変動することを回避できた。これにより、各吐出口におけるインク供給特性を揃えることができ、インクを安定且つ高精度に供給できるインク供給口を有するインクジェットプリンターヘッドを提供することが出来た。

10

#### 【0014】

##### 【発明の実施の形態】

以下の本発明のスルーホールの形成工程を詳細に説明する。

#### 【0015】

本発明では、まず、シリコン基板の異方性エッチング前に基板表面に犠牲層を形成する。そして、犠牲層を形成した基板の表面にさらにパッシベーション層を形成し、裏面より基板をエッチングする。この時、基板の裏面にはエッチング液にエッチング耐性の有る開口部を有するマスク層を設けておき、該開口部からシリコン基板をエッチングし溝を形成する。シリコン基板のエッチングは、結晶軸異方性エッチングとなるエッチング液により行い、KOH、EDP、TMAH、ヒドラジン等の結晶面によるエッチング速度差を生じるエッチング液が用いられる。エッチングを進めることにより、エッチングにより形成される溝は犠牲層に達する。次に犠牲層を除去するわけであるが、犠牲層はシリコン基板とパッシベーション層との間に挟まれており、犠牲層が速やかにエッチングできる様に犠牲層は等方性エッチングにてエッチングされる。等方性エッチング液としては、犠牲層をエッチングした後に、シリコン基板が等方性エッチングされて開口長の制御ができなくなる様に、シリコン基板を等方性エッチングしないエッチング液から選ばれる。これにより、シリコン基板にパッシベーション層を形成した場合にはパッシベーション層からなるメンブレンが形成される。この後開口部分のパッシベーション層をエッチングすることによりスルーホールを形成することができる。

20

30

#### 【0016】

ここで、犠牲層に用いられる好ましい材料としては多結晶シリコン膜が挙げられる。多結晶シリコン膜はLSIプロセスとのコンパチビリティに優れており、プロセス再現性が高く犠牲層に好適である。多結晶シリコン膜を犠牲層に用いることで、犠牲層をエッチングするための等方性エッチング液をシリコン結晶異方性エッチング液としても用いることができるため、裏面開口部を介してシリコン基板をエッチングし、同一のエッチング液にて犠牲層を除去することが可能となり、工程が容易となる。犠牲層の厚みとしては薄膜形成可能な厚みであればよい。犠牲層厚みが薄いと、シリコン基板とパッシベーション層との間に等方性エッチング液が侵入しにくくなるが、犠牲層をエッチングする工程と基板をエッチングする工程を交互又は同時に繰返すことにより、犠牲層による開口長の制御が同様に可能となる。例えば、犠牲層に数百～数千オングストロームの多結晶シリコンを用いた場合には、犠牲層の等方性エッチングと基板と異方性エッチングを同時に行うことができる。

40

#### 【0017】

また、シリコン基板上に形成される犠牲層はフォトリソグラフィプロセス、及びエッチングを適用することで所望の形状にパターンニングされるもしくは、シリコン基板の一部の

50

結晶性、材質を変化させる、あるいは多孔質化させることによりシリコン基板上に埋め込み犠牲層として形成される。このような埋め込み犠牲層の形成方法を具体的に説明すると、多孔質シリコンはシリコン基板の一部を陽極化成 (Anodization) することにより形成できる。5 ~ 50 % の体積濃度の弗化水素酸 (以後、弗酸と言う) を入れた容器に、シリコン窒化膜、レジスト等の弗酸に耐触性を持つ膜により被覆されたシリコン基板と白金電極を浸せきする。多孔質シリコンを形成する所望の部分の前記耐触性を持つ膜の一部は除去してある。白金電極をマイナス電極、シリコン基板をプラス電極に接続して 5 ~ 数 100 mA / cm<sup>2</sup> の電流を流すとシリコン基板は開口部から 0.5 から 10 μm / 分程のスピードで多孔質化される。また、シリコン基板の両面に接触する弗酸を隔離するように容器内を 2 分割して、各々の分割容器に電極を挿入し電流を流してもよい。この場合にはシリコン基板に直接電極を取り付ける必要がない。このようにして、前記耐触性を持つ膜の一部を除去した部分に多孔質シリコン層を有するシリコン基板を得ることができる。反応条件により異なるが、弗酸に耐性のある膜としては、Cr、Cu、Ag、Pd、Au、Pt、シリコン窒化膜、多結晶シリコン等が利用できる。また、陽極化成の為に電圧を印加するシリコン基板に、基板とは異なる電荷極性を有する不純物拡散層を設け耐触性を持つ膜として利用することも可能である (K. Imai, Solid-State Electronics Vol. 24, p 159 - 164)。

10

## 【0018】

以上の方法により形成した多孔質層は水酸化ナトリウム水溶液、あるいは弗酸等のエッチング液を用いることにより、シリコンの多孔質層とシリコン基板のエッチング速度の違いにより多孔質層のみを高速で選択的にエッチングすることができる。多孔質シリコンのエッチング液としては、弗酸系のエッチング液として、弗酸 + 過酸化水素酸 (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)、弗酸 + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> + アルコール、バッファード弗酸 (HF と NH<sub>3</sub>F との混合液)、バッファード弗酸 + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>、バッファード弗酸 + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> + アルコール、がある。また、シリコンの結晶軸異方性エッチング液を用いても、多孔質シリコンを等方性エッチングすることが可能である。異方性エッチング液を用いることで、エッチング液を変えずに埋め込み犠牲層を等方性エッチングできる。

20

## 【0019】

埋め込み犠牲層としては上述の他に、シリコン基板に形成した多孔質シリコンを熱酸化して得られる、二酸化シリコンを用いることも可能である。二酸化シリコンは、通常の単結晶シリコンの酸化速度に比べて、百倍以上も早く (H. Takai and T. Itoh, "Porous silicon layers and its oxide for the silicon-on-insulator structure", J. Appl. Phys., Vol. 60, p 222 - 225, 1986)、一部に多孔質シリコンを埋め込み形成したシリコン基板を酸化することにより多孔質シリコン部分に二酸化シリコンからなる埋め込み犠牲層を形成できる。この場合も、シリコン基板をマスク層を介して異方性エッチングし、溝が二酸化シリコンの埋め込み犠牲層に達した後に、弗酸系のエッチング液にて開口部より埋め込み犠牲層をエッチングすることにより、基板表面に所望の寸法を有する開口を形成することができる。

30

## 【0020】

他の埋め込み犠牲層としては、シリコン基板とは結晶性の異なる、シリコン基板の一部に埋め込み形成した多結晶シリコンが用いられる。多結晶シリコンは、シリコン基板の一部にシリコンのエピタキシャル成長を阻害するエピタキシャル阻止層を形成し、前記基板上にシリコンのエピタキシャル層を成長させることにより前記エピタキシャル阻止層上に多結晶シリコン層からなる犠牲層を形成することができる。多結晶シリコンはシリコンの結晶軸異方性エッチング液に対して等方性エッチングすることができる。エピタキシャル阻止層としては、エピタキシャル成長を阻止する、すなわち、多結晶または、アモルファス状の構造を有する層であればよく、成長温度の熱に耐性を持つ材質からなる。このような材料としては例えば、シリコン半導体形成プロセスとのコンパチビリティに優れた、プロセス再現性の高い二酸化シリコン膜、シリコン窒化膜、多結晶シリコン膜が好適であ

40

50

る。特に、二酸化シリコン膜やシリコン窒化膜は異方性エッチング液に対してエッチング耐性が良好であり、開口でより基板をエッチングするに際して、エッチングを停止する事が可能であり、エッチング停止層の役割も有している。また、埋め込み犠牲層を異方性エッチング液にて等方性エッチングする際犠牲層下部のシリコンがエッチングされるのを防止できる。

【0021】

また、高温での熱処理を行うことで結晶欠陥を有するシリコン基板を用いた場合には、異方性エッチング後の結晶欠陥による(111)面の荒れが発生するが、作り込み犠牲層を導入することで開口長dの寸法精度の高い、寸法分布の無い開口を得ることが可能となる。

10

【0022】

開口部と犠牲層の寸法は、開口部を介してエッチングし形成される溝の基板表面側の溝寸法に比べて犠牲層の寸法が大きくなるようにする。これにより、犠牲層にて基板表面の開口長を制御することが可能となる。結晶方位面が(100)のシリコン基板を用いた場合には、犠牲層の長さd1(図2参照)の範囲を〔数1〕のdを用いて以下の様に表すことができる。

【0023】

$$d_1 > d \quad \dots \text{〔数2〕}$$

【0024】

また、基板の結晶方位面が(100)から角度(°)のオフセットを有するシリコン

20

【0025】

$$d_1 > (D - t / \tan(54.7^\circ + \theta) - t / \tan(54.7^\circ - \theta) + Rt / \sin(54.7^\circ + \theta) + Rt / \sin(54.7^\circ - \theta)) \quad \dots \text{〔数3〕}$$

三角関数内の角度θはオフセットにより生じた基板の方位面と(111)面のなす角度から一義的に決定されるものである。本発明の方法は、他の結晶方位面を有するシリコンにおいても有効である。

【0026】

本発明により形成されたスルーホールを調べてみると、異方性エッチングによるスルーホールの基板裏面側の開口径をD'、基板表面(カンチレバーやインク吐出部等の機能素

30

$$d' > (D - 2t / \tan(54.7^\circ)) \quad \dots \text{〔数4〕}$$

子の関係性を有しているものであり、この構成により開口径をそれほど大きくしなくても基板表面の所望の開口径を得ることができ、基板の大きさを従来に比べ小型化することが可能である。さらには基板の機械的強度の向上にもつながる。

【0027】

本発明において、パッシベーション層を犠牲層上に形成する場合、犠牲層をエッチングすることで、パッシベーション層からなるメンブレンが形成される。ここで、パッシベーション膜は結晶軸異方性エッチング液、及び犠牲層用の等方性エッチング液にエッチング耐性を持つ材料からなる。このことにより、基板表面に様々なデバイスを形成することが

40

【0028】

本発明のスルーホールの作製方法またはスルーホール形成用基板を用いて、前記基板の表面に発熱抵抗体、流路、ノズル等を形成することによりスルーホールをインク供給口に用いたインクジェットプリンターヘッドを作製することが可能である。

【0029】

(参考例及び実施例)

以下本発明の参考例となるスルーホール及びその作製方法、該スルーホールを用いて作

50

製したインクジェットヘッドを図1乃至図11及び図13、図14の図面に示す参考例及び実施例を用いて詳細に説明する。

【0030】

(第1参考例)

図1は本発明の参考例となるスルーホールの作製方法の工程を示す断面図である。図2は本発明の参考例となるスルーホールを作製する為の埋め込み犠牲層11となる多孔質シリコン層を形成した基板の上面図及びその断面図であり、図3(a)は作製したスルーホール形状の特徴の一例を示す断面から見た斜視図である。本発明の参考例のスルーホールは図3(a)~(b)に示す様に、従来の図12と比べ、スルーホール断面が、台形形状ではなく、折り曲がった形状が特徴となっている。本発明の参考例となる形成方法を用いることにより、スルーホール断面形状をエッチング時間により図3(a)~(b)に示す様に変えることが可能である。例えば、これにより、従来(111)の結晶面で囲まれたノズルの流体のコンダクタンスを、所望の値に変えることも可能となる。

10

【0031】

以下に本発明の参考例となるスルーホールの作製方法を図1を用いて説明する。基板厚みが $525\mu\text{m}$ で結晶方位面が(100)のp型で抵抗率が $0.02\cdot\text{cm}$ のシリコン基板10上にLPCVD(Low Pressure Chemical Vapour Deposition)法を用いて弗酸耐性膜として窒化シリコン膜9を $100\text{nm}$ 成膜する。次いで、フォトリソグラフィプロセスにより形成したフォトレジストをマスクとして、窒化シリコン膜9を $\text{CF}_4$ ガスを用いて反応性イオンエッチングを行い、ついで、フォトレジストを剥離することにより、図1(a)に示すようにシリコンを露出させた。次に、多孔質シリコンを形成する為の層11を次のようにして形成した。まず、弗酸(49%)：水：エタノール=1：1：1の溶液に窒化シリコン膜9が設けてあるシリコン基板10を浸し、陽極化成を行った。この時、シリコン基板と対向電極の間に $30\text{mA}/\text{cm}^2$ の電流を流した。この時の多孔質化の速度は $2\mu\text{m}/\text{min}$ であり、 $10\mu\text{m}$ 深さの埋め込み犠牲層となる多孔質シリコンを形成した。そして、この後に窒化シリコン膜9を除去した(図1(b))。埋め込み犠牲層のパターンは、図2に示すようにその一辺がd1の正方形とした。

20

【0032】

次にパッシベーション膜12及び後工程にてシリコン基板10を裏面から結晶軸異方性エッチングする際のマスク層13となる窒化シリコン膜を基板表面及び裏面にLPCVDにてそれぞれ $500\text{nm}$ 成膜した。そして、基板裏面のマスク層に、フォトリソグラフィプロセスにより形成したフォトレジストをマスクとして、 $\text{CF}_4$ ガスを用いた反応性イオンエッチングを行ってシリコン面を露出させ次いで、フォトレジストを剥離することによりマスク層13に図1(c)に示す開口部14を形成した。図2に基板上面から見た開口部のパターン形状を示すもので、本参考例では開口部の開口長は一辺がDの正方形とした。ここで、開口長Dは、結晶軸異方性エッチング液によりシリコン基板を貫通した際の図2上面図の点線で示した正方形の一辺の幅が犠牲層である多孔質シリコン層の幅d1に比べて小さくなるようにした。

30

【0033】

フォトレジストを剥離した後にシリコン基板を濃度27%の水酸化カリウム(KOH)水溶液にて液温度90で結晶軸異方性エッチングし、(111)の結晶面からなる面で囲まれたピラミッド状の溝を形成した(図1(d))。この状態から、さらにエッチングを進めることにより、埋め込み犠牲層11である多孔質シリコンがKOH水溶液により等方性エッチングされ除去され、パッシベーション膜によるメンブレン17が形成された(図1(e))。この後、基板裏面から $\text{CF}_4$ ガスを用いてパッシベーション膜のメンブレン部分に反応性イオンエッチングを行い除去し、スルーホール19を形成した(図1(f))。

40

【0034】

なお、基板の厚みを変えた場合の影響を調べる為に、基板厚みが $500\mu\text{m}$ で結晶方位

50



面が 100 のシリコン基板に上記と同様の多孔質シリコン層パターン形状で且つ開口部を形成しスルーホールを形成したところ、基板の厚みによらずシリコン基板の表面に本参考例と同様の開口寸法を得ることができた。このように本発明の参考例のスルーホールの作製方法では、埋め込み犠牲層の長さ  $d_1$  により開口長  $d$  (図3(a) 図示、 $\theta = 54.7^\circ$ ) が決定でき、基板の厚みバラツキにより表面の開口長が変動することがないことがわかる。

【0035】

なお、図1(e)において、結晶軸異方性エッチングを停止せずに続けることにより、基板断面において埋め込み犠牲層が除去された後に形成された埋め込み犠牲層下部の突起部がエッチングされ、図3(b)に示す基板断面が(111)面で囲まれたスルーホールを形成することができた。このような断面形状を有するスルーホールでも、基板の厚みバラツキによる開口長  $d$  のバラツキを回避することが可能となっていた。

10

【0036】

また、本発明の参考例のスルーホールの作製方法では、開口部の開口長  $D$  が多少変動しても、開口長  $d$  への影響がない。この  $D$  の許容範囲は、図2において以下の〔数5〕を満たす範囲である。

【0037】

$$(d_1 - \dots) > 0 \quad \dots \text{〔数5〕}$$

【0038】

(第2参考例)

20

図4は本発明の参考例のスルーホールの作製方法の工程を示す断面図である。図5は本発明の参考例のスルーホールを作製する為の犠牲層を形成した基板の上面図及びその断面図である。図6(a)は作製したスルーホール形状の特徴の一例を示す断面から見た斜視図である。本発明の参考例のスルーホールは図6(a)~(b)に示す様に、従来構成の図12と比べ、スルーホール断面が、台形形状ではなく、折れ曲がった形状が特徴となっている。本発明の参考例の作製方法を用いることにより、スルーホール断面形状をエッチング時間により図6(a)~(b)に示す様に突起から凹みに変えることが可能である。例えば、これにより、従来(111)の結晶面で囲まれたノズルの流体のコンダクタンスを、所望の値に変えることも可能となる。

【0039】

30

以下に本発明の参考例のスルーホールの作製方法を図4を用いて説明する。基板厚みが  $525 \mu\text{m}$  で結晶方位面が(100)のシリコン基板10上に後工程にてシリコン基板10を裏面から結晶軸異方性エッチングする際のマスク層13となる窒化シリコン膜を基板の表面及び裏面にLPCVD(Low Pressure Chemical Vapour Deposition)法にてそれぞれ  $500 \text{nm}$  成膜した。そして、基板裏面のエッチング用マスク層13に、フォトリソグラフィプロセスにより形成したフォトレジストをマスクとして、 $\text{CF}_4$  ガスを用いた反応性イオンエッチングを行って、シリコン面を露出させ、次いでフォトレジストを剥離することにより、マスク層13に開口部14を形成した。基板の表面の窒化シリコン膜を  $\text{CF}_4$  ガスを用いた反応性イオンエッチングにて除去した後、真空蒸着法にて犠牲層11となるCu薄膜を  $3 \mu\text{m}$  成膜し、フォトリソグラフィプロセスにより形成したフォトレジストをマスクとして、Cu薄膜を塩化第2鉄水溶液(20%)にてエッチングした後、フォトレジストを剥離し、図4(a)に示す犠牲層11を形成した。図5に基板上面から見た犠牲層のパターンを示し、本参考例ではその一辺が  $d_1$  の正方形とした。ここで、開口部の開口長  $D$  は、結晶軸異方性エッチング液によりシリコン基板を貫通した際の図5上面図の点線で示した正方形の一辺の幅が犠牲層の幅  $d_1$  に比べて小さくなるようにした。

40

【0040】

次にパッシベーション膜12となる窒化シリコン膜(アモルファスシリコンナイトライド: a-SiN)を  $500 \text{nm}$  成膜した(図4(a))。

【0041】

50

フォトレジストを剥離した後にシリコン基板を濃度 27% の水酸化カリウム (KOH) 水溶液にて液温度 90 で結晶軸異方性エッチングし、(111) の結晶面からなる面で囲まれたピラミッド状の台形形状となる溝を形成した (図 4 (c))。そして、犠牲層を露出させた後、塩化第 2 鉄水溶液 (20%) にて Cu 犠牲層を等方性エッチングすることにより除去した (図 4 (d))。次いで、再度 KOH 水溶液により犠牲層下部のシリコンをエッチングし犠牲層のあった下部のシリコンが結晶軸異方性エッチングされ、パッシベーション膜のメンブレンが形成された (図 4 (e))。この後、裏面から CF<sub>4</sub> ガスを用いて反応性イオンエッチングを行いパッシベーション膜によるメンブレン部分を除去し、スルーホールを形成した (図 4 (f))。

#### 【0042】

なお、図 4 (e) において、結晶軸異方性エッチングを停止せず続けることにより、基板断面の突起部がエッチングされ、図 6 (b) のような犠牲層下部が垂直となる断面をもつスルーホールを形成できた。さらにエッチングを行うことにより、図 6 (c) に示す基板断面が (111) 面で囲まれたスルーホールを形成することができた。このような断面形状を有するスルーホールでも、基板の厚みバラツキによる開口長 d のバラツキを回避することが可能となっていた。

#### 【0043】

##### (第 3 参考例)

本発明の参考例に用いる埋め込み犠牲層を形成した基板の上面図及びその断面図を図 7 に示す。基板上面から見た埋め込み犠牲層のパターンを一边が d<sub>2</sub> とする正方形形状とし、第 1 参考例と同様の工程を用いてスルーホールを作製した。但し、基板裏面の開口部を (110) の方位に対して角度  $\theta$  ずらしてパターンニングした。  $\theta$  は 1° とした。なお、d<sub>2</sub> 及び裏面開口部の寸法により決定される  $\theta$  との間には [数 3] の d<sub>1</sub> を d<sub>2</sub> とする関係がなりたっている。

#### 【0044】

作製したスルーホールの基板表面の開口長 d は、d<sub>2</sub> と略一致した正方形形状となり、角度  $\theta$  によらずに埋め込み犠牲層の形状により決定できた。すなわち、本発明の参考例のスルーホールの作製方法により、シリコンウエハ間及びロット間の OF の角度バラツキがあっても所望の開口長 d を得ることができた。

#### 【0045】

##### (第 4 参考例)

本発明の参考例に用いる犠牲層を形成した基板の上面図及びその断面図を図 8 に示す。基板上面からみた犠牲層のパターンが直径 d<sub>1</sub> とする円形状とし、第 2 参考例と同様の工程を用いてスルーホールを作製した。但し、基板裏面の開口部を (110) の方位に対して角度  $\theta$  ずらしてパターンニングした。  $\theta$  は 1° とした。

#### 【0046】

作製したスルーホールの基板表面の開口長 d は、円形の犠牲層を囲む図 8 の 2 点斜線で示した正方形形状となり、角度  $\theta$  によらずに犠牲層の直径により決定できた。すなわち、本発明の参考例のスルーホールの作製方法により、シリコンハウス間及びロット間の OF の角度バラツキがあっても所望の開口長 d を得ることができた。

#### 【0047】

##### (第 5 参考例)

本発明の第 5 参考例であるスルーホールの作製方法を以下に説明する。犠牲層を LPCVD (Low Pressure Chemical Vapour Deposition) による多結晶シリコン膜 (以下 poly-Si 膜)、パッシベーション層及びマスク層を LPCVD 法による窒化シリコン膜に変えた以外は、図 4 の工程と同様の方法によりスルーホールを作製した。KOH 水溶液によりシリコン基板を異方性エッチングし、犠牲層を露出させた。さらにエッチングを進めることにより、犠牲層が KOH 水溶液により等方性エッチングされると同時に犠牲層のあった下部のシリコンが結晶軸異方性エッチングされ、図 4 (e) に示したと同様のパッシベーション膜のメンブレンが形成された。この

10

20

30

40

50

後、裏面からCF<sub>4</sub>ガスを用いて反応性イオンエッチングを行いパッシベーション膜のメンブレン部分を除去し、図4(f)と同様のスルーホールが作製できた。作製したスルーホールの開口長は、第2参考例のスルーホールの開口長と同様であった。犠牲層、及びパッシベーション層の材料に制限されることなく、精度良くスルーホールの開口長dを制御できた。

**【0048】**

(第1実施例)

本実施例にて、インクジェットプリンターヘッド(以下、単にインクジェットヘッドとも称す)に、本発明のスルーホールの作製方法を応用した例について説明する。

**【0049】**

まず、本発明を適用可能なインクジェットプリンターヘッドの一般的な構成について説明する。

**【0050】**

図9は、本発明を適用可能なインクジェットプリンターヘッドの一例を示す模式図であり、説明のために適当な面で切断してある。尚、本図において電気熱変換素子を駆動するための電氣的な配線等は図示していない。

**【0051】**

図9において304は吐出エネルギー発生素子301及びインク供給口303を備えるSi基板であり、長溝状の貫通口からなるインク供給口303の長手方向の両側に吐出エネルギー発生素子である電気熱変換素子301がそれぞれ1列ずつ千鳥状に電気熱変換素子の間隔が片側300dpiピッチで配列されている。この基板304上にはインク流路を形成するためのインク流路壁となっている被覆樹脂層306が設けられており、この被覆樹脂層306上に更に吐出口302を備える吐出口プレート305が設けられている。ここで、図9においては被覆樹脂層306と吐出口プレート305とは別部材として示されているが、この被覆樹脂層306をスピコート等の手法によって基板304上に形成することにより被覆樹脂層306と吐出口プレート305とを同一部材として同時に形成することも可能である。

**【0052】**

本実施例では上述のインク供給口部分の作製に本発明のスルーホールの作製方法を適用するものである。

**【0053】**

ところで、上述の構成のインクジェットプリンターヘッドのインク供給口を異方性エッチングによって形成する場合には、先に説明したようにスルーホール(インク供給口)の径が、基板の厚み、オリフラ角度のばらつき及びエッチング液濃度のばらつき等によりヘッドによってばらついてしまうことがある。このインク供給口径にばらつきが生じると各吐出エネルギー発生素子とインク供給口間の距離がばらつくため各吐出エネルギー発生素子でのインク供給特性が不均一となりインクジェットプリンターヘッドの動作周波数特性に多大な影響を及ぼす。したがって、上述の構成のインクジェットプリンターヘッドにおいては吐出エネルギー発生素子とインク供給口間の距離を高精度に制御することが重要であるが、本発明のスルーホールの作製方法を適用することにより、高精度のインク供給口を容易に作製することができ、高品位のインクジェットプリンターヘッドを提供することができるものである。

**【0054】**

以下、本実施例の作成工程を図10の工程断面図を用いて説明する。尚、図10は図9におけるA-A'線で切断したときの断面図として示されている。また、図面中基板の右側は一部省略されており、インク供給口は実際には基板中央付近に設けられるものである。

**【0055】**

本実施例においては、基板として基板厚みが625μmで結晶方位面が(100)のシリコン基板を用いた。まず、後の熱処理工程時の基板のクラックを防止するため、基板を

10

20

30

40

50

酸化ガスにて熱酸化し、基板表面に二酸化シリコンを形成した。次いで、nMOSのウェルや絶縁拡散層を形成するため、該基板をCMOSプロセスにおけるpウェル形成と同様の熱処理条件、すなわち、酸素雰囲気中で1200、8時間の熱処理条件にて熱処理を施した。次いで、先ほど基板面に形成された二酸化シリコンをバッファード弗酸により除去して基板面を清浄化した。この後上記高温熱処理を施したシリコン基板100上に酸化ガスを用いた熱酸化により再度二酸化シリコンを形成し、フォトリソグラフィとバッファード弗酸のエッチングによりスルーホール形成部位以外の部分の二酸化シリコンを除去し、二酸化シリコンからなるエピタキシャル阻止層98を形成した。次にモノシランガスを用いて誘導加熱式エピタキシャル成長装置により基板表面にエピタキシャル層99を形成した。なお、エピタキシャル阻止層98である二酸化シリコンの上にはシリコンがエピタキシャル成長する代わりに多結晶シリコンが形成される。本実施例ではこの多結晶シリコンを犠牲層111として用いる。次に基板を更に酸化ガスにて熱酸化し、基板の表面及び裏面に二酸化シリコン層101、102を形成し、基板裏面側の二酸化シリコン層102の一部をフォトリソグラフィプロセスとバッファード弗酸によるエッチングにて除去しシリコンを露出させエッチング用の開口部116を形成した(図10(a))。

10

**【0056】**

次いで、基板表面側の二酸化シリコン層101の一部をフォトリソグラフィプロセスとHF水溶液によるエッチングしてシリコンを露出させた。この後、二酸化シリコン層101上にインク液の沸騰により発生する圧力を利用するバブルジェット方式用の発熱抵抗体103を形成し、さらに発熱抵抗体103上に窒化シリコン膜からなるパッシベーション層97を表面に形成した(図10(b))。開口部110と犠牲層111の寸法は、図2に示したと同様に、裏面からエッチングによりシリコン基板を貫通した場合の表面の開口寸法に比べて犠牲寸法が大きくなるようにした。この後、後工程にてエッチング除去することにより流路107となる流路形成層104を設け、さらに流路形成層104上部に吐出口106を有するノズル形成層105を設けた(図10(c))。

20

**【0057】**

開口部116からTMAHによりシリコン基板をエッチングし(111)面からなる溝を形成した。ここで、シリコン異方性エッチングは、二酸化シリコンからなるエピタキシャル阻止層98にてエッチングが停止する(図10(d))。エピタキシャル阻止層98は、エッチング停止層の役割をなし、ウエハ内またはウエハ間に複数の溝を形成した際の各溝でのエッチング終了時間のバラツキに関係なく、次の工程である犠牲層をエッチングする工程と異方性エッチング工程を独立に管理することが可能となる。つづいて、バッファード弗酸にてエピタキシャル阻止層98をエッチングし、TMAHにて犠牲層111を等方性エッチングして除去することで窒化シリコン膜からなるパッシベーション層の一部からなるメンブレンが形成された。この後、CF<sub>4</sub>を用いたRIE(リアクティブイオンエッチング)により犠牲層111のあった上部のパッシベーション膜97を除去し、スルーホールであるインク供給口109を形成し、流路形成層104を除去することによりインクジェットプリンターヘッドを作製した(図10(e))。

30

**【0058】**

本発明の方法によりインク供給口を作製したことにより、表面のインク供給口の端部から発熱抵抗体の中心までの距離Lが、開口部の開口長変動や、シリコン基板の厚み、OF等のバラツキ、高温熱処理による開口端の直線劣化等により変動することを回避できた。これにより、各吐出口におけるインク供給特性を揃えることができ、インクを安定且つ高精度に供給できるインク供給口を有するインクジェットプリンターヘッドを提供することが出来た。

40

**【0059】**

また、本発明ではエピタキシャル阻止層として二酸化シリコンを用いたが、エピタキシャル成長を行う際の成長温度に対して耐熱性を有し、エピタキシャル成長を阻害する非晶質、多結晶体等の材料であれば金属、半導体、絶縁体等、電気的特性に拠らず何れを用いても構わない。また、エピタキシャル阻止層をエッチング停止層として用いる場合には、

50

さらに、シリコン結晶軸異方性エッチング液に耐性のある材料を用いることとなる。

#### 【0060】

(第2実施例)

本実施例にて、インクジェットプリンターヘッドに、本発明のスルーホールの作製方法を応用した例について、図11の作製工程の断面図を用いて説明する。

#### 【0061】

基板として基板厚みが625 $\mu$ mで結晶方位面が(100)のシリコン基板を用いた。まず、後の熱処理工程時の基板のクラックを防止するため、基板上に酸化ガスにて熱酸化し、基板表面に二酸化シリコンを形成した。ついで、nMOSのウェルや絶縁拡散層を形成するため、該基板をCMOSプロセスにおけるpウェル形成と同様の熱処理条件、すなわち、酸素雰囲気中で1200、8時間の熱処理条件にて熱処理を施した。次いで、先ほど基板面に形成された二酸化シリコンをバッファード弗酸により除去して基板面を清浄化した。この後、上記高温熱処理を施したシリコン基板上に酸化ガスを用いた熱酸化し、基板の表面及び裏面に二酸化シリコン層101、102を形成した。更に基板表面側の二酸化シリコン層101上にインク液の沸騰による圧力発生を利用するバブルジェット方式用の発熱抵抗体103を形成し、一方、基板裏面側の二酸化シリコン層102の一部をフォトリソグラフィプロセスとHF水溶液によるエッチングにて除去しシリコンを露出させ開口部116を形成した(図11(a))。次に、二酸化シリコン層101の一部にフォトリソグラフィプロセスとHF水溶液によるエッチングにてシリコンを露出させた後に、該シリコンが露出した部分に犠牲層となるpoly-Si膜を成膜し、フォトリソグラフィプロセスとCF<sub>4</sub>を用いたRIEによるパターニングすることで犠牲層111を形成し、さらに窒化シリコン膜からなるパッシベーション層112を表面に形成した(図11(b))。開口部と犠牲層の寸法は、図5に示した参考例と同様に、裏面よりエッチングによりシリコン基板を貫通した際の表面の開口寸法に比べて犠牲層寸法が大きくなるようにした。この後、後工程にて除去することにより流路107となる流路形成層104を設け、さらに流路形成層104上部に吐出口106を有するノズル形成層105を設けた。開口部116からTMAHによりシリコン基板をエッチングし(111)面からなる溝を形成し、続いてTMAHにより犠牲層111を等方性エッチングして除去し、さらにエッチングを進めることにより犠牲層があった下部のシリコンがエッチングされる。この後、CF<sub>4</sub>を用いたRIEにより犠牲層のあった上部のパッシベーション膜112を除去し、スルーホールであるインク供給口109を形成した。最後に流路形成層を除去することによりインクジェットプリンターヘッドを作製することができた(図11(d))。

#### 【0062】

本発明の方法によりインク供給口を作製したことにより、表面のインク供給口の端部から発熱抵抗体の中心までの距離Lが、開口部の開口長変動や、シリコン基板の厚み、OF等バラツキ、高温熱処理による開口端の直線性劣化等により変動することを回避できた。これにより、各吐出口におけるインク供給特性をそろえることができ、インクを安定かつ高精度に供給できるインク供給口を有するインクジェットプリンターヘッドを提供することが出来た。

#### 【0063】

(第3実施例)

上述の実施例のようにスルーホールの作製方法をインクジェットヘッドに適用する構成は、例えば、特開平9-11479号公開公報にも記載されているが、本発明者らが、該公報に記載される方法や上述の実施例の方法にて複数個のインクジェットヘッドを作製してみたところ、インク流路部分を形成するための型となる樹脂を前述のパッシベーション層上に設けておいた状態で異方性エッチングを行う際に、異方性エッチング完了後にノズル形成材料及びメンブレン膜にクラックが入り、この部分に割れが生じることがあることが判明した。本発明者らはこのメンブレン部の割れの原因を調べたところ、この現象はメンブレン膜の応力によって生じることがわかった。そこで、本発明者らはこの問題に鑑み鋭意研究したところ、メンブレン膜となるパッシベーション層の応力をtensileとす

10

20

30

40

50

ることで、メンブレン部の割れを殆ど防止することができることを発見した。具体的にはLP-SiN(減圧CVD装置にて形成したシリコン窒化膜)にてメンブレンとなるパッシベーション層を形成した。本実施例では、本メンブレン部に形成されたLP-SiNによりメンブレン部の応力がtensile側となるため異方性エッチング実施後でもメンブレン部に割れが生じることはなかった。ここで、インクジェットヘッドの場合、LP-SiNをウエハ全面に堆積すると新たな問題が生じることが分かった。すなわち、インクジェットヘッドとなるウエハ全面にLP-SiNを堆積させるとLP-SiNの下に存在するN-MOS、P-MOS、PNダイオード等の発熱抵抗体を駆動する能動素子が正常に動作しなくなり、LP-SiNが能動素子の電気特性に異常を生じさせることがわかった。そこで、本発明者らはこの問題を回避するためLP-SiNの形成パターンを半導体デバイス

10

【0064】

以下、本実施例のインクジェットヘッドの製造方法について説明する。

【0065】

図13-a~g及び図14は本実施例のインクジェットヘッドの製造方法について説明する工程説明図であり、論点を明確にするために、半導体装置におけるインク供給口部のみを図13-a~eで示し、さらに、本発明の半導体装置の構成図となるように図13-f、g及び図14ではインク吐出圧力発生素子部およびノズル形成部を加えて示している。

20

【0066】

まず、P型シリコン基板、結晶面方位(100)、厚さ625µmのシリコンウエハ210を用意し、これを熱酸化により、100~500の酸化シリコン膜211をシリコン基板上に形成した。さらに、その上に減圧CVDにより堆積させたシリコン窒化膜212を1000~3000の厚みで形成した。(図13-a)

【0067】

次に、上記シリコン窒化膜212を犠牲層形成部近傍のみに残るようにパターニングする。この時、パターニングの際のエッチングによりシリコン基板の裏面についたシリコン窒化膜はすべて除去される。(図13-b)

30

【0068】

次にシリコン基板を熱酸化することにより、基板表面に6000~12000の酸化シリコン膜213を形成する。この時パターニングされたシリコン窒化膜の下の酸化膜は酸化されず、その両端の酸化膜13のみが選択的に酸化が進み酸化シリコン膜の厚みがシリコン窒化膜が設けられた部分よりも厚くなって基板表面側にも成長している。この後、シリコン窒化膜をエッチングにて除去する。(図13-c)

【0069】

次に窒化シリコン膜212の下部分にあったシリコン酸化膜214の開口部となる部分をパターニング、エッチングし、基板のシリコン面を露出する。そしてこのシリコンが露出した部分に犠牲層となるpoly-Si膜215を形成する。このpoly-Si膜215のパターン幅が、後のプロセスにおいてインク供給口の幅に対応することになる。本パターン幅については後述する。(図13-d)

40

【0070】

次に減圧CVD法により、シリコン窒化膜(LP-SiN)216を500~2000堆積し、メンブレン部(犠牲層近傍)のみにこのシリコン窒化膜(LP-SiN)216が残るようにパターンを形成した。次に常圧CVD法により、PSG膜217を堆積し、これを所望のパターンに加工した。次に配線電極となるAl-Cu膜(不図示)をPSG膜217上に堆積し所望のパターンを形成した。この段階で、インクを吐出するために駆動される能動素子が完成される。(図13-e)(本実施例では論点を明確にするため

50

、能動素子部は、この段階では図示せず、インク供給口となるべきところのみを図示した。図13 - aからe)

【0071】

次に、プラズマCVDにより1.0～1.8 $\mu$ mの膜厚のプラズマシリコン酸化膜(p-SiO)<sub>218</sub>を堆積させ、所望のパターンに加工した。

【0072】

次に発熱抵抗体219となるTa<sub>2</sub>Nを200～1000 程度反応性スパッタリング法によってプラズマシリコン酸化膜(p-SiO)<sub>218</sub>上に堆積させ、それを所望のパターンに加工した。次に発熱抵抗体の保護膜となるプラズマシリコン窒化膜(p-SiN)<sub>220</sub>をプラズマCVD法により6000～12000 程度堆積させた。

10

【0073】

次に耐キャビテーション用に用いるTa膜221を200～1000 程度スパッタ法により堆積した。そして、Ta膜221を所望のパターンにパターニングした後、電極の取り出しのためのパターニングを施した。(図13 - f)

【0074】

次に、インク流路を形成するための型になるフォトレジスト223を基板の上に塗布し、インク流路となるパターンにフォトレジスト層223をパターニングした。次いで、このパターニングされたフォトレジスト層223を被覆するようにインク流路壁及び吐出口プレート形成するための被覆樹脂層222を設け、更にこの被覆樹脂層222に吐出口224を形成する。

20

【0075】

その後、インクを基板の裏面から供給するためにSi基板を裏面側から異方性エッチングした。この時使用した犠牲層15の幅及びインク供給口225の幅についてそれぞれ形成するのに使用したマスク幅は、145 $\mu$ m、500～700 $\mu$ mであった。ただし、本寸法は製品の使用により任意に設定するものであり、Si基板の厚さ等によっても変わるものである。また、本異方性エッチングに用いたエッチング液はTMAH水溶液であり、エッチング液温80～90 でのエッチング時間は、Si基板厚が625 $\mu$ m程度のときに15～20時間要した(図13 - g)。

【0076】

次に基板の異方性エッチング後、インク供給口部分に存在するシリコン窒化膜(LP-SiN)<sub>216</sub>およびプラズマシリコン窒化膜(p-SiN)<sub>220</sub>からなるメンブレン部226をフッ素、酸素系のガスを用いたドライエッチングにて除去し、さらにインク流路となるべきところにあるフォトレジスト223を除去することにより、本実施例のインクジェットヘッドを得た(図14)。

30

【0077】

本実施例にインクジェットヘッドでは異方性エッチング時にメンブレン割れを起こすものではなく、高品位の印字が可能であった。また、能動素子の電気特性も正常であり、優れた品質のインクジェットヘッドを高い歩留りで作製することができるものであった。

【0078】

尚、本実施例においては、犠牲層を用いた例で示したが、特開平9-11479号公開公報に記載されるように犠牲層を用いない場合であっても本実施例の方法は有効であり、メンブレン割れを防止できるものであった。

40

【0079】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の方法によりインク供給口を作製したことにより、表面のインク供給口の端部から発熱抵抗体の中心までの距離Lが、開口部の開口長変動や、シリコン基板の厚み、OF等パラッキ、高温熱処理による開口端の直線性劣化等により変動することを回避できた。これにより、各吐出口におけるインク供給特性をそろえることができ、インクを安定かつ高精度に供給できるインク供給口を有するインクジェットプリンターヘッドを提供することが出来た。

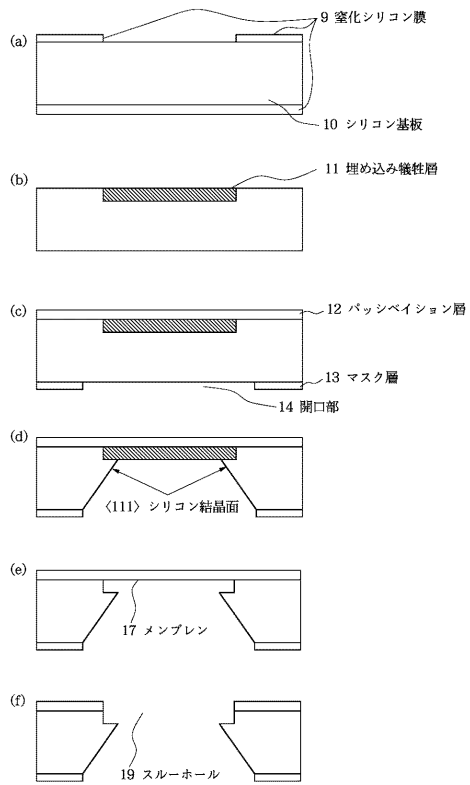
50

## 【図面の簡単な説明】

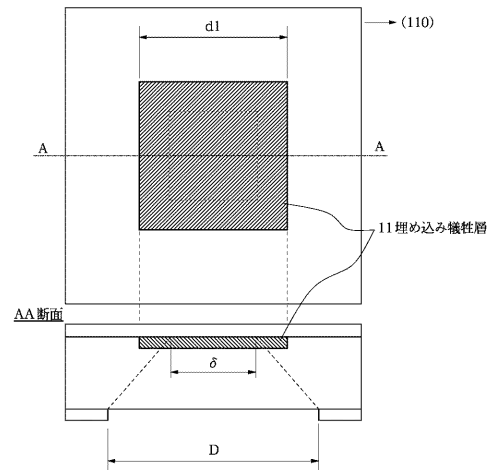
- 【図 1】 本発明のスルーホールの作製方法の第 1 参考例の作製工程を示す断面図である。
- 【図 2】 本発明の第 1 参考例の埋め込み犠牲層のパターン及び配置を示す断面図である。
- 【図 3】 本発明の第 1 参考例のスルーホールの形状を示す斜視図である。
- 【図 4】 本発明のスルーホールの作製方法の第 2 参考例の作製工程を示す断面図である。
- 【図 5】 本発明の第 2 参考例の犠牲層のパターン及び配置を示す断面図である。
- 【図 6】 本発明の第 2 参考例のスルーホールの形状を示す斜視図である。 10
- 【図 7】 本発明の第 3 参考例の埋め込み犠牲層のパターン及び配置を示す断面図である。
- 【図 8】 本発明の第 4 参考例の犠牲層のパターン及び配置を示す断面図である。
- 【図 9】 本発明を適用可能なインクジェットプリンターヘッドの一例を示す模式図である。
- 【図 10】 本発明の第 1 実施例のインクジェットプリンターヘッドの作製工程を示す断面図である。
- 【図 11】 本発明の第 2 実施例のインクジェットプリンターヘッドの作製工程を示す断面図である。
- 【図 12】 従来例のスルーホール作製の際の課題を説明する為の断面図である。 20
- 【図 13】 本発明の第 3 実施例のインクジェットヘッドの製造方法について説明する工程説明図である。
- 【図 14】 本発明の第 3 実施例のインクジェットヘッドを示す模式的断面図である。
- 【符号の説明】
- 100 シリコン基板
  - 101、102 二酸化シリコン層
  - 103 発熱抵抗体
  - 104 流路形成層
  - 105 ノズル形成層
  - 106 吐出口 30
  - 107 流路
  - 108 ノズル
  - 109 インク供給口
  - 111 犠牲層
  - 112 パッシベーション層
  - 116 開口部
  - 301 電気熱変換素子
  - 302 吐出口
  - 303 インク供給口
  - 304 Si 基板 40
  - 305 吐出口プレート
  - 306 被覆樹脂層



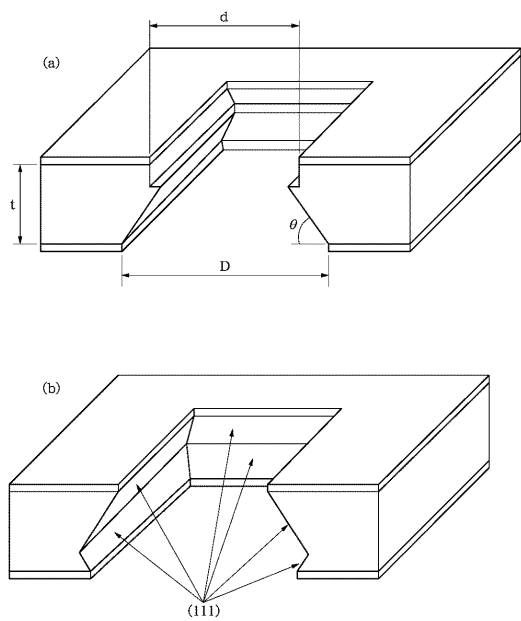
【図1】



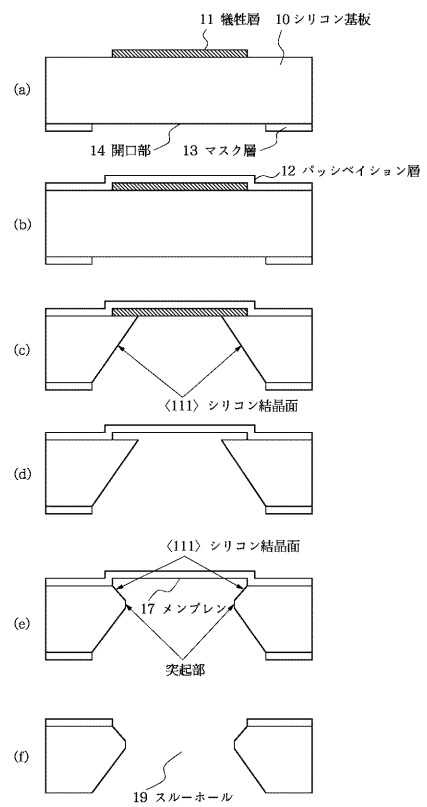
【図2】



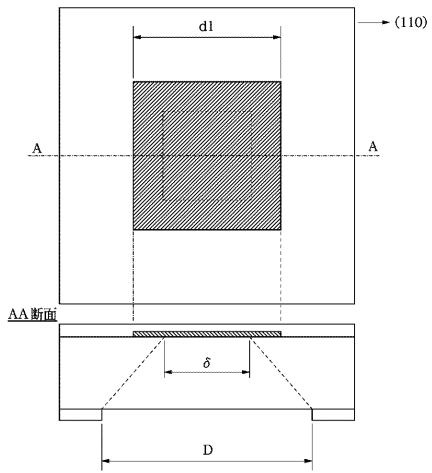
【図3】



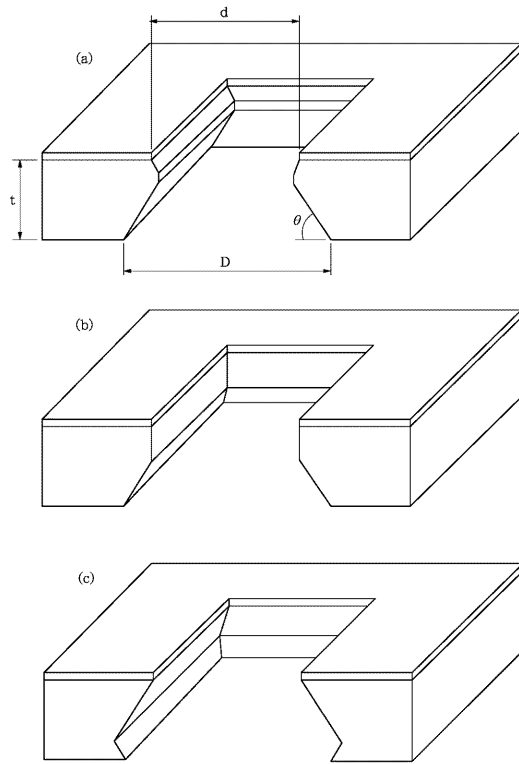
【図4】



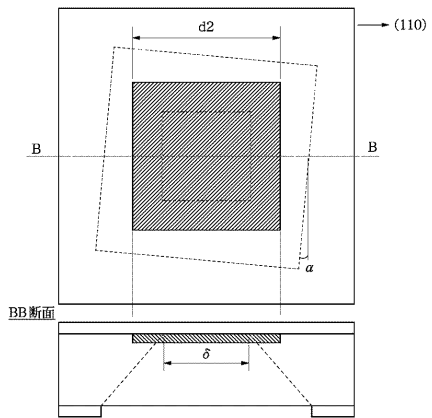
【 図 5 】



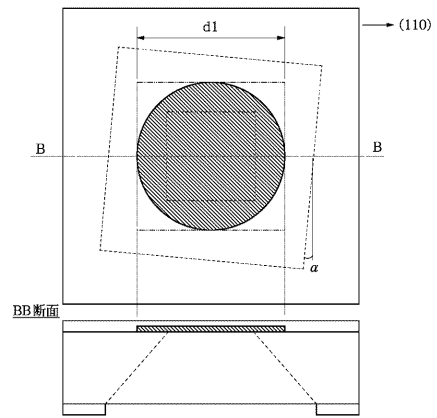
【 図 6 】



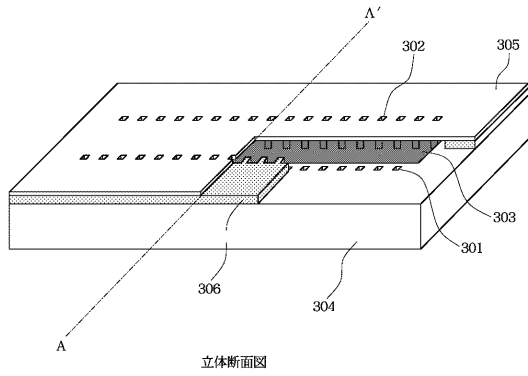
【 図 7 】



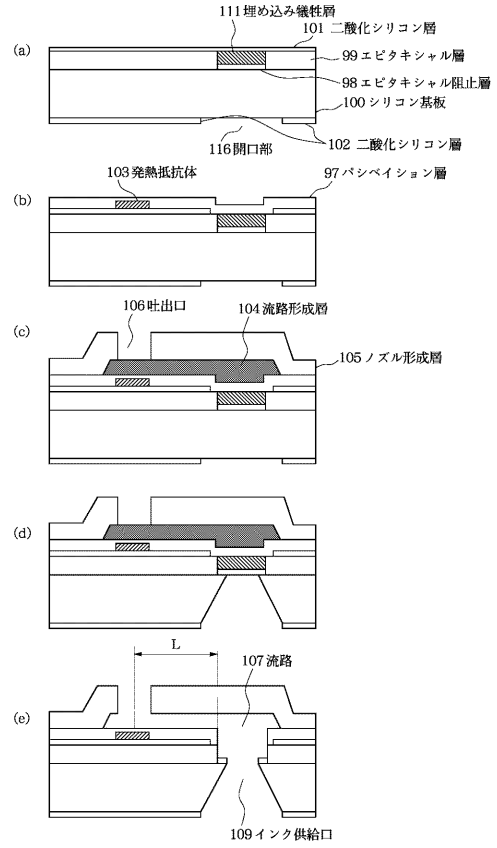
【 図 8 】



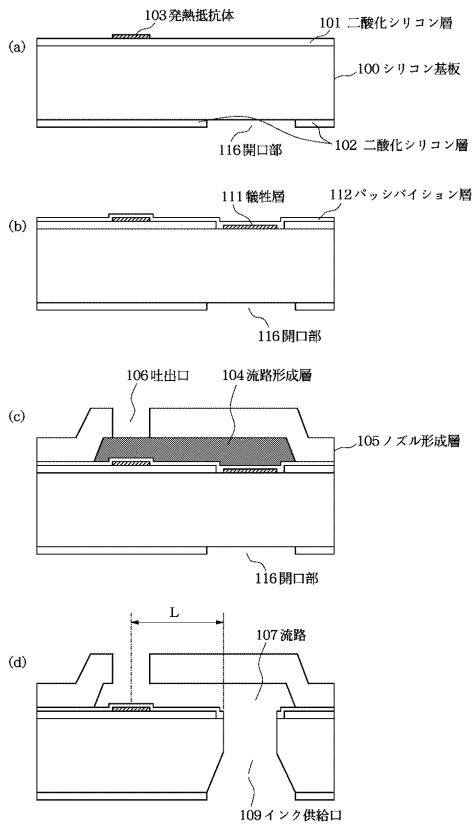
【 図 9 】



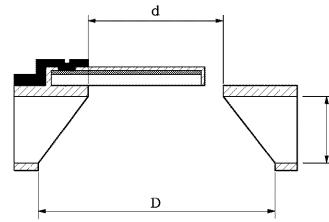
【 図 10 】



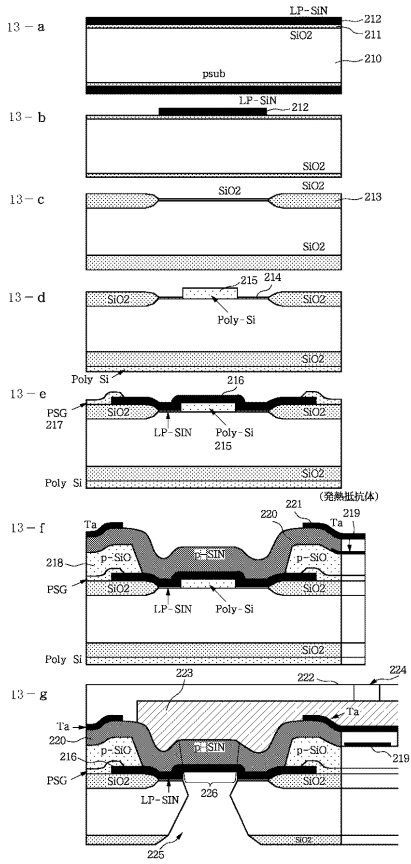
【 図 11 】



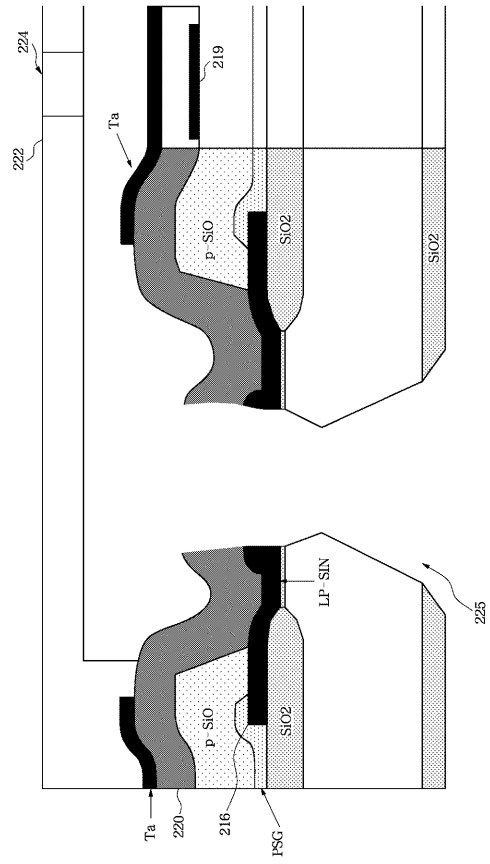
【 図 12 】



【 図 13 】



【 図 14 】



## フロントページの続き

(51) Int.Cl. F I  
**H 0 1 L 21/3065 (2006.01)** H 0 1 L 21/302 1 0 5 A  
**H 0 1 L 21/306 (2006.01)** H 0 1 L 21/306 G

- (72)発明者 門間 玄三  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内
- (72)発明者 川角 保志  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内
- (72)発明者 早川 幸宏  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内
- (72)発明者 藤田 桂  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内
- (72)発明者 松野 靖司  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内
- (72)発明者 滝沢 昌弘  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内
- (72)発明者 牧野 憲史  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

審査官 菅野 智子

- (56)参考文献 特開平01-309384(JP,A)  
 特開平07-125203(JP,A)  
 特開平07-234242(JP,A)  
 特開平08-062078(JP,A)  
 特開平05-129636(JP,A)  
 特開平08-236785(JP,A)  
 特開平06-196675(JP,A)  
 特開平07-014479(JP,A)  
 特開昭63-182820(JP,A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B41J 2/16  
 B41J 2/05  
 B81B 3/00  
 B81C 1/00  
 H01L 21/28  
 H01L 21/306  
 H01L 21/3065