

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5455461号
(P5455461)

(45) 発行日 平成26年3月26日(2014.3.26)

(24) 登録日 平成26年1月17日(2014.1.17)

(51) Int.Cl.

F I

B 4 1 J 2/16 (2006.01)

B 4 1 J 3/04 1 O 3 H

H O 1 L 21/306 (2006.01)

H O 1 L 21/306 B

請求項の数 5 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2009-144152 (P2009-144152)
 (22) 出願日 平成21年6月17日(2009.6.17)
 (65) 公開番号 特開2011-755 (P2011-755A)
 (43) 公開日 平成23年1月6日(2011.1.6)
 審査請求日 平成24年6月13日(2012.6.13)

(73) 特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100123788
 弁理士 宮崎 昭夫
 (74) 代理人 100106138
 弁理士 石橋 政幸
 (74) 代理人 100127454
 弁理士 緒方 雅昭
 (72) 発明者 岸本 圭介
 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 米本 太地
 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】 シリコン基板の加工方法及び液体吐出ヘッド用基板の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

結晶面(100)のシリコン基板に貫通孔を形成するシリコン基板の加工方法であって、

(1) 前記シリコン基板の裏面に開口部を有するエッチングマスク層を形成する工程と、

(2) 前記開口部を通じて前記シリコン基板に未貫通孔を形成する工程と、

(3) 前記未貫通孔が形成された前記シリコン基板の裏面から、6 ~ 14 wt % の TMAH 溶液を用いて結晶異方性エッチングを行い、前記貫通孔を形成する工程と、
を有するシリコン基板の加工方法。

【請求項 2】

前記工程(2)において、前記貫通孔を形成する領域の長手方向の中心線に対して対称に3列以上をなすように前記未貫通孔を形成する、請求項1に記載のシリコン基板の加工方法。

【請求項 3】

前記工程(2)において、前記未貫通孔はレーザ光のアブレーションによって形成される、請求項1又は2に記載のシリコン基板の加工方法。

【請求項 4】

前記工程(2)において、前記レーザ光のアブレーションにより、レーザ加工を行う面と反対側の面から15 µm以上125 µm以内の深さまで前記未貫通孔を形成する、請求

項 3 に記載のシリコン基板の加工方法。

【請求項 5】

前記工程 (2) において、前記未貫通孔のピッチ距離を、 $25\mu\text{m}$ 以上 $115\mu\text{m}$ 以内の距離として形成する、請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載のシリコン基板の加工方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、シリコン基板に貫通孔を形成するためのシリコン基板の加工方法、及び記録用紙等の被記録材にインク等の液体を吐出する液体吐出ヘッド用の基板の製造方法に関する。

10

【背景技術】

【0002】

液体であるインクを吐出するインクジェットヘッドとしては、吐出エネルギーを発生させるヒータの上方に向けてインクを吐出するタイプのインクジェットヘッド (以下、サイドシュータ型ヘッドと称する) が知られている。このサイドシュータ型ヘッドでは、ヒータが形成されたシリコン基板に貫通孔であるインク供給口が設けられ、ヒータが形成された表面の裏面側から、インク供給口を介してインクを供給する方式が採られている。

【0003】

このサイドシュータ型ヘッドの製造方法は、例えば特許文献 1 に開示されている。この特許文献 1 には、貫通孔であるインク供給口の開口径のばらつきを防ぐため、基板材料に対して選択的にエッチングが可能な犠牲層を用いてインク供給口を所定寸法に形成可能な方法が記載されている。

20

【0004】

特許文献 2 には、シリコン基板の裏面に設けられたエッチングマスク層を利用してドライエッチングを行った後に、同一のエッチングマスクを用いて結晶軸異方性エッチングでエッチングを行うことで、インクジェット記録ヘッドを製造する方法が開示されている。この製造方法によって、中間部が横方向に広がった形状の加工断面が形成される。この製造方法では、エッチングマスク層を、ドライエッチングとウエットエッチングとで共有している。このため、シリコン基板の裏面に形成されたエッチングマスク層の開口幅 (マスク幅) と、ドライエッチングの掘り込み量とによって、シリコン基板の裏面におけるインク供給口の開口幅 (長尺状のインク供給口の短辺方向の開口幅) が決まってしまう。また、特許文献 2 に記載の方法では、シリコンの異方性エッチングを利用することにより、エッチングレートが比較的低い 54.7° の角度で形成される (111) 面を形成し、開口させている。そのため、インク供給口の開口幅をある程度広くするためには、ドライエッチングでの掘り込み量を多くする必要がある場合がある。しかしながら、ドライエッチングでの掘り込み量が多くなるのに伴って、ドライエッチングに要する時間が長くなり、生産効率が低下する場合があるという問題がある。

30

【0005】

特許文献 3 には、シリコンをレーザでトレンチ加工を行った後にエッチングを行うことで、インクジェット記録ヘッドを製造する方法が開示されている。この方法では、レーザ加工でトレンチの掘り込み量を多くする必要がある。しかしながら、レーザ加工での掘り込み量が多くなるのに伴って、レーザ加工に要する時間が長くなり、生産効率が低下する場合があるという問題がある。

40

【0006】

特許文献 4 には、液体吐出ヘッド用基板の製造方法において、基板にレーザ光で非貫通孔を形成してから異方性エッチングを行う方法が記載されている。この製造方法によって、中間部が横方向に広がった形状の加工断面が形成される。しかし、この方法でもインク供給口の断面が広がる形状となり、液体吐出ヘッドの幅寸法を小さくするのに限界がある。

【先行技術文献】

50

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開平10-181032号公報

【特許文献2】米国特許第6805432号明細書

【特許文献3】特開2004-148824号公報

【特許文献4】特開2007-237515号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

上述したように、インク供給口を形成する工程では、インクジェットヘッドの幅寸法を小さくするために、シリコン基板のインク供給口の開口幅を狭くすることと、さらにインク供給口を効率良く形成することが求められている。

10

【0009】

また、一般に、シリコン基板の裏面にマスクを形成し裏面から異方性エッチングを行うことによりインク供給口が形成されている（図4参照）。しかしながら、このような工程では、インク供給口を形成するためのエッチング時間が長く、シリコン基板の裏面の開口幅が横方向に広がってしまうため、インクジェットヘッドの小型化を行うことが困難を伴う。

【0010】

また、エッチング時間の短縮を図るためには、特許文献4に記載のように、シリコン基板の一部を除去して異方性エッチング時間を短くする方法が有効である。シリコン基板の一部を深く除去するほど、異方性エッチング量を少なくすることができ、インク供給口の横方向の広がりを抑えられ、インクジェットヘッドの小型化及びエッチング時間の短縮をより有効に図ることができる。しかし、異方性エッチングの各面方位のエッチングレートを制御しないと、異方性エッチングの時間によってインク供給口の幅が広がってしまうため、シリコンの除去量が多くなってしまい、生産効率が低下するという問題がある。

20

【0011】

そこで、本発明は、シリコン基板における貫通孔の幅を小さく形成でき、貫通孔を効率良く形成することができるシリコン基板の加工方法、液体吐出ヘッド用基板の製造方法を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0012】

そこで、本発明は、

結晶面（100）のシリコン基板に貫通孔を形成するシリコン基板の加工方法であって、

、

（1）前記シリコン基板の裏面に開口部を有するエッチングマスク層を形成する工程と、

、

（2）前記開口部を通じて前記シリコン基板に未貫通孔を形成する工程と、

（3）前記未貫通孔が形成された前記シリコン基板の裏面から、6～14wt%のTMAH溶液を用いて結晶異方性エッチングを行い、前記貫通孔を形成する工程と、
を有するシリコン基板の加工方法である。

40

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、横（面方向）の幅の広がりを抑えて液体供給口を形成することができる。また、シリコン基板の異方性エッチングのエッチング時間を短縮することができる。

【0014】

さらに、本発明によれば、シリコン基板の液体供給口の開口を小さく形成すると共に、液体供給口を効率良く形成することができる。また、シリコン内部に形成される供給口の幅の広がりを抑えられる。

【0015】

50

したがって、本発明によれば、液体供給口の加工速度を向上し、製造コストの低減を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】TMAH濃度によるエッチングレート変化を示す図である

【図2】(a)シリコン基板にエッチングマスク層を形成する工程を模式的に示す概略断面図である。(b)シリコン基板に複数の先端孔を形成する工程を模式的に示す概略断面図である。(c)先端孔が形成されたシリコン基板に所定のエッチング液(例えばTMAH10%濃度)により異方性エッチングを施す工程を示す概略断面図である。(d)所定のエッチング液(例えばTMAH10%濃度)を用いた異方性エッチングによりインク供給口を形成する工程を模式的に示す概略断面図である。

10

【図3】従来のエッチング液(例えばTMAH22%濃度)でインク供給口を形成する工程を模式的に示す概略断面図である。

【図4】従来の異方性エッチングにより形成したインク供給口を模式的に示す概略断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

本発明では、シリコン基板の裏面に開口部を有するエッチングマスク層を形成する。そして前記開口部を通じてシリコン基板の裏面に未貫通孔(先端孔とも称す)を形成する。この未貫通孔は、例えばレーザー光を照射することにより形成することができる。

20

【0018】

そして、複数の先端孔を形成した後、シリコン基板の裏面から、(100)面のエッチングレートが(110)面のエッチングレートよりも速いエッチング液を用いて異方性エッチングを行う。

【0019】

エッチング液としては、水酸化カリウム、テトラメチルヒドロキシド等のシリコン異方性エッチング液を用いることができる。また上記エッチング液において、添加剤を添加した液を使用することができる。添加剤として、アルコール系、ノニオン系界面活性剤、還元剤等の添加剤したエッチング液を使用することができる。

【0020】

30

図1にTMAH濃度によるエッチングレートを示している。この図より、TMAH濃度が15wt%以下になることでエッチングレートが(110)面より(100)面の方が速くなることがわかる。

【0021】

エッチング液が裏面側に形成された複数の先端孔内部に入り、先端孔同士をつなげる。先端孔同士がつながった後、基板表面側にエッチングが進行していく。エッチングが表面に到達しエッチングが終了する。

【0022】

本発明において、異方性エッチングに用いるエッチング液としては、例えば5~15wt%のTMAH溶液を用いることができる。

40

【0023】

以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

【0024】

なお、本発明に係るシリコン基板の加工方法は、シリコン基板を含んで構成される構造物、特にインクジェットヘッド等の液体吐出ヘッドの製造工程において、インク供給口(液体供給口)のような貫通孔をシリコン基板に形成するのに好適である。以下の説明では、本発明の適用例として、インクジェット記録ヘッド用基板を例に挙げて説明を行うが、本発明の適用範囲はこれに限定されるものではない。また、インクジェットヘッド用基板の他、バイオチップ作製や電子回路印刷用途の液体吐出ヘッド用基板の製造方法にも適用できる。液体吐出ヘッドとしては、インクジェット記録ヘッドの他にも、例えばカラー

50

フィルター製造用ヘッド等も挙げられる。

【0025】

(実施形態1)

【0026】

図2(a)において、結晶面(100)のシリコン基板1の表面上には、インクを吐出するエネルギーを発生する吐出エネルギー発生素子として、ヒータをなす電熱変換素子3が配置されている。電熱変換素子3は例えばTa₂Nを用いて形成することができる。また、シリコン基板1の表面上には犠牲層6が形成されている。さらに、シリコン基板1の表面及び犠牲層6上には、電熱変換素子3の保護層として、耐エッチング性を有するエッチングストップ層(パッシベーション層とも称す)2が形成されている。

10

【0027】

なお、電気熱変換素子3には、この素子を駆動させるための制御信号入力電極(不図示)が電気的に接続されている。また、シリコン基板1の厚みとしては725μm程度に形成されている。また、本実施形態では、インクジェットヘッド用基板の一部をなすシリコン基板1単体について説明するが、実際にはウエハ単位で同様の加工を行うものとする。また、シリコン基板上にインク流路を構成する被覆樹脂層等が形成されていても構わない。

【0028】

犠牲層6はインク供給口の形成領域を精度よく画定したい場合に効果的であるが、本発明に必須ではない。また、エッチングストップ層2は、異方性エッチングに用いられる材料に耐性があるもので形成される。エッチングストップ層2は、シリコン基板表面に素子や構造物(インク流路を形成する部材等)が形成されている際に隔壁等の機能を果たす。犠牲層6と、エッチングストップ層2とは、それぞれを単独または併用で用いる場合において、異方性エッチングを行う前の段階で、シリコン基板に形成されていればよい。異方性エッチング前の段階において形成する時期や順序は任意であり、公知の方法により形成できる。

20

【0029】

図2(a)に示すように、シリコン基板1の裏面には、SiO₂層4の上に開口部を有するエッチングマスク層5が形成されており、この開口部が異方性エッチングの開始領域となる。エッチングマスクは例えばポリアミド樹脂を用いて形成することができる。

30

【0030】

次に、シリコン基板1の裏面からレーザー光を照射することによって、図2(b)に示すように、シリコン基板1の裏面から表面に向かって、シリコン基板1の表面まで貫通しない複数の未貫通孔(先導孔)7を形成する。先導孔7を形成する方法としては、例えばYAGレーザーの3倍波(THG:波長355nm)のレーザー光を用いることができる。また、レーザー光の出力及び周波数を適切な値に設定する。

【0031】

先導孔7の直径としては、5~100μmの範囲内であることが望ましい。先導孔の直径を5μm以上とすることで、後工程の異方性エッチングの際にエッチング液が先導孔内に進入しやすくなる。また、先導孔の直径を100μm以下とすることで、先導孔を比較的長い時間で形成することができる。

40

【0032】

また、先導孔は、レーザー光のアブレーションにより、レーザー加工を行う面と反対側の面から15μm以上125μm以内の深さまで形成することが好ましい。

【0033】

シリコン基板1として725μmの厚さのものをを用いた場合、先導孔7の深さは、600~710μmとすることが好ましい。600μm以上とすることで、異方性エッチングの時間を短縮することができ、また、インク供給口の幅をより小さくすることができる。また、710μm以下とすることで、基板表面に形成された流路形成部材にレーザー等の熱が伝わり難くなり、変形等の問題を抑制することができる。

50

【 0 0 3 4 】

先導孔 7 を形成する工程では、インク供給口を形成する予定領域の短手方向の表面の開口寸法を M 、前記基板の厚さを T 、短手方向の隣り合う未貫通孔同士を中心までの距離を L 、前記未貫通孔の深さを D 、短手方向の未貫通孔の列数を B としたときに下記式の関係を満たす範囲で形成することが好ましい。

【 0 0 3 5 】

$$T - (L \times (B - 1) - M / 2) \times \tan 54.7^\circ \leq D \leq T - L \times (B - 1) \times \tan 54.7^\circ$$

【 0 0 3 6 】

また、先導孔 7 は、例えば、シリコン基板 1 の短手及び長手方向に対してピッチ距離を $60 \mu\text{m}$ で形成することができる。また、先導孔は、シリコン基板 1 の短手方向に対してピッチ距離が $25 \mu\text{m}$ 以上 $115 \mu\text{m}$ 以内で、3 列以上で形成することが望ましい。同様にシリコン基板 1 の長手方向に対してもピッチ距離が $25 \sim 115 \mu\text{m}$ で複数列をなして形成することが望ましい。ピッチ距離を上記の範囲にすることで、インク供給口同士がつながり難くできる。また、先導孔の狙い加工深さを所望の深さとし易く、インク供給口が広がって形成することを防ぐことができる。

【 0 0 3 7 】

また、先導孔 7 は、貫通孔を形成する領域の長手方向の中心線に対して対称に 3 列以上をなすように形成することが好ましい。なお、列の数が奇数の場合は中央の列が前記中心線上に配置されるように形成されればよい。

【 0 0 3 8 】

レーザ光としては、シリコン基板 1 を形成する材料であるシリコンに対して孔加工が可能な波長であればよく、先導孔 7 の加工に用いるレーザ光をこのレーザ光に限定するものではない。例えば、YAG レーザの 2 倍波 (SHG: 波長 532 nm) であっても、THG と同様にシリコンに対して比較的高い吸収率を有しており、このようなレーザ光を用いて先導孔を形成してもよい。また、先導孔は、レーザ光のアブレーション、いわゆるレーザアブレーション法によって形成されてもよい。

【 0 0 3 9 】

なお、先導孔は、シリコン基板 1 の裏面に形成されたエッチングマスク層 5 の開口部から SiO_2 層を除去し、シリコン基板 1 における異方性エッチングの開始面となる Si 面を露出させた後、形成することができる。

【 0 0 4 0 】

次に、図 2 (c) に示すように、(100) 面のエッチングレートが (110) 面のエッチングレートよりも速いエッチング液を用いて、シリコン基板裏面から結晶異方性エッチングを行う。このエッチング液としては、例えば、 $5 \sim 15 \text{ wt} \%$ の TMAH (水酸化テトラメチルアンモニウム) 溶液を用いることができる。図 2 (d) に $15 \text{ wt} \%$ より高い場合、異方性エッチングにおいて (100) 面より (110) 面のエッチングレートが速くなり、インク供給口の幅 (水平方向における最大幅) が大きくなってしまう。また、 $5 \text{ wt} \%$ より低い場合、エッチング液の寿命が短くなり、生産性が悪くなってしまう。また、 $6 \sim 14 \text{ wt} \%$ の TMAH 溶液がより好ましい。

【 0 0 4 1 】

図 2 (c) に示すように、この異方性エッチングでは、複数の先導孔 7 の内部の壁面すべてからエッチングが始まる。そして、あるところではエッチングレートが遅い (111) 面を形成しながら、またあるところでは、エッチングレートが速い (100) 面及び (110) 面に沿ってエッチングが進行する。

【 0 0 4 2 】

次に、図 2 (d) に示すように、シリコン基板 1 の表面まで貫通するインク供給口 (貫通孔) 8 が形成されるまで異方性エッチングを行う。

【 0 0 4 3 】

また、図示しないが、シリコン基板 1 の表面におけるインク供給口 8 の開口部位に形成

10

20

30

40

50

されているエッチングストップ層 2 の一部をドライエッチングで除去して、シリコン基板 1 の表面側にインク供給口 8 を開通させることができる。

【 0 0 4 4 】

(実施例 1)

図 2 (a) に示すように、シリコン基板 1 の裏面の SiO_2 層 4 の上にポリエーテルアミド樹脂を積層し、開口部を有するエッチングマスク層 5 を形成した。シリコン基板として $725\text{ }\mu\text{m}$ の厚さのものを使用した。また、開口部における SiO_2 層 4 を除去した。

【 0 0 4 5 】

次に、図 2 (b) に示すように、エッチングマスク層 5 の開口部において、レーザ加工により先導孔 7 を形成した。レーザ加工深さは $650\text{ }\mu\text{m}$ とし、ピッチ距離は長手及び短手方向において $60\text{ }\mu\text{m}$ とし、短手方向に 3 列で先導孔を形成した。

【 0 0 4 6 】

次に、図 2 (c) に示すように、 $\text{TMAH } 10\text{ wt } \%$ を用いてシリコン基板裏面から結晶異方性エッチングを行った。

【 0 0 4 7 】

$\text{TMAH } 10\text{ wt } \%$ の場合、(1 0 0) 面のエッチングレートは $1.124\text{ }\mu\text{m}/\text{min}$ である。それに対して、(1 1 0) 面のエッチングレートは $0.789\text{ }\mu\text{m}/\text{min}$ となり、エッチングレートは (1 0 0) 面の方が速くなる。

【 0 0 4 8 】

複数の先導孔 7 における外周側に位置する先導孔 7 の先端から (1 1 1) 面が形成される。その際、エッチングレートが (1 1 0) 面より (1 0 0) 面のレートが速いエッチング液を使用することにより、先導孔同士がつながる時間が短縮される。先導孔同士がつながった後、深さ方向にエッチングが進行する (図 2 (c)) 。

【 0 0 4 9 】

次に図 2 (d) に示すように、シリコン基板 1 の表面まで貫通するインク供給口 8 が形成されるまで異方性エッチングを行った。インク供給口の開口幅は 0.45 mm で形成された。

【 0 0 5 0 】

(比較例 1)

本比較例では、先導孔を形成するまでの工程は実施例 1 と同様に行い、 $\text{TMAH } 22\text{ wt } \%$ を用いて異方性エッチングを行った。従来使用されている $\text{TMAH } 22\text{ wt } \%$ の場合、形成されるインク供給口は図 3 に示すような中間部が横方向に広がった断面形状になる。これは、(1 0 0) 面のエッチングレートとして、 $0.631\text{ }\mu\text{m}/\text{min}$ である。それに対して、(1 1 0) 面のエッチングレートは、 $0.975\text{ }\mu\text{m}/\text{min}$ となり、エッチングレートは (1 1 0) 面の方が速くなる。そのため、エッチングでの横広がりが大きくなってしまう。インク供給口の幅 (内部最大幅) は 0.63 mm で形成された。

【 0 0 5 1 】

(まとめ)

上述の実施例により、従来の方法による比較例では 4 時間かかる結晶異方性エッチングのエッチング時間を 3 . 5 時間に短縮することができた。また、従来の濃度による比較例ではインク供給口の開口幅が 0.63 mm となったが、本発明による実施例ではインク供給口の開口幅を 0.45 mm で形成することができ、インクジェットヘッドの小型化が可能であることが示唆された。

【 0 0 5 2 】

したがって、本発明により、貫通孔を形成する際に、シリコン基板 1 の異方性エッチングのエッチング時間を短縮することができる。また、本発明によれば、シリコン基板 1 のインク供給口 8 の開口を小さく形成すると共に、インク供給口 8 を効率良く形成することができる。したがって、本実施形態によれば、シリコン基板に貫通孔を形成する加工速度を向上でき、例えばインクジェットヘッド用基板等の製造コストの低減を図ることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 3 】

なお、上述した本実施形態では、シリコン基板 1 のみにインク供給口を形成する加工例について説明した。しかしながら、インクジェットヘッドを製造する際は、本実施形態で行われるインク供給口の形成工程前に、シリコン基板 1 の表面にインク流路形成部材を形成する工程が行われることが好ましい。この構成の場合には、シリコン基板 1 の表面に、液体であるインクを吐出する吐出口と、吐出口に連通する液体流路としてのインク流路とを有するインク流路形成部材が形成される。

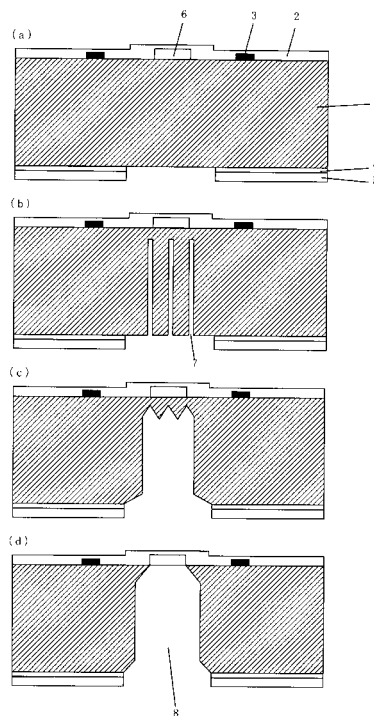
【符号の説明】

【 0 0 5 4 】

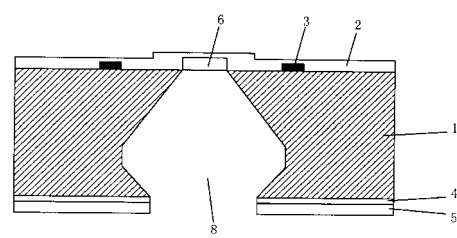
- 1 シリコン基板
- 2 エッチングストップ層（パッシベーション層）
- 3 吐出エネルギー発生素子（例えば電気熱変換素子）
- 4 SiO_2 層
- 5 エッチングマスク層
- 6 犠牲層
- 7 先導孔
- 8 インク供給口（貫通孔）

10

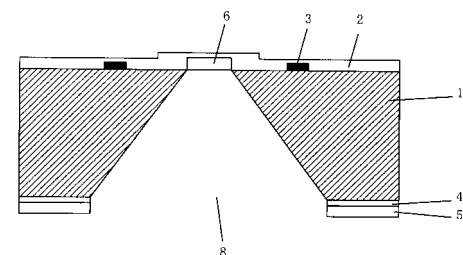
【図 2】



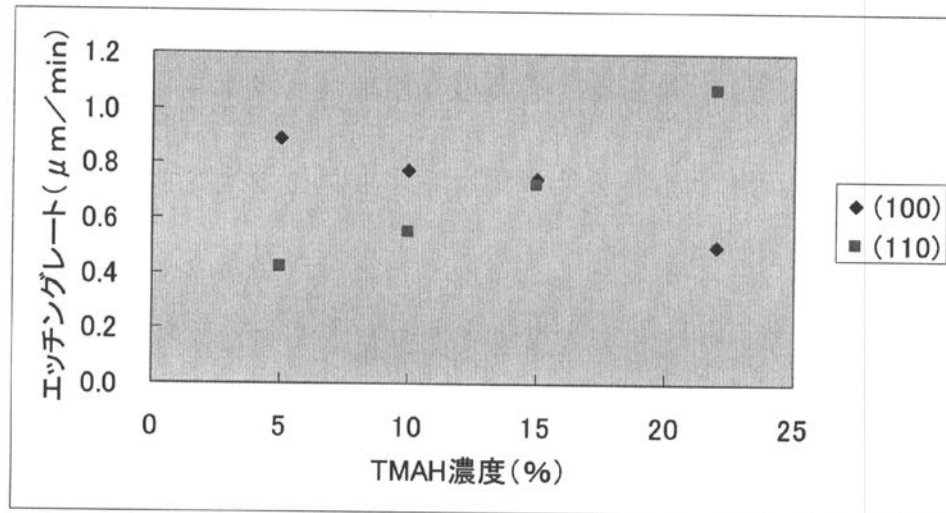
【図 3】



【図 4】



【図 1】



フロントページの続き

審査官 佐藤 史彬

- (56)参考文献 特開2009-061667(JP,A)
特開2009-061668(JP,A)
特開2008-087444(JP,A)
特開平10-181032(JP,A)
特開2007-335658(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B41J 2/16
H01L 21/306