

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-66908  
(P2009-66908A)

(43) 公開日 平成21年4月2日(2009.4.2)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 4 1 J 2/135 (2006.01)	B 4 1 J 3/04 1 O 3 N	2 C 0 5 7
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)		

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2007-237640 (P2007-237640)	(71) 出願人	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
(22) 出願日	平成19年9月13日 (2007.9.13)	(74) 代理人	100107836 弁理士 西 和哉
		(74) 代理人	100064908 弁理士 志賀 正武
		(72) 発明者	山下 正博 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
		F ターム (参考)	2C057 AF93 AG15 AG54 AN01 AP02 AP12 AP13 AP24 AP32 AP33 AP56 AP57 AQ01 AQ02 BA04 BA15

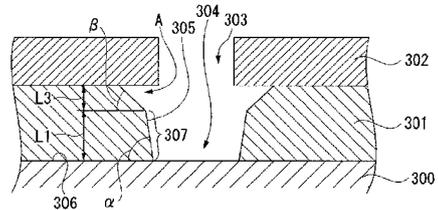
(54) 【発明の名称】 流体噴射ヘッドの製造方法、流体噴射装置の製造方法、及びシリコン基板のエッチング方法

(57) 【要約】

【課題】シリコンからなる基板に対して形状ばらつきの少ない凹部を形成可能とする。

【解決手段】第1の酸化膜エッチング工程において、第1の酸化膜エッチング工程(ステップS4)において、エッチングによって酸化膜301に形成される凹部304の側壁部305は、等方性エッチングによって得られる傾斜角  $\alpha$  を有する傾斜部307を備え、かつ、該傾斜部307の酸化膜エッチングによる深さ距離L1が、第2の酸化膜エッチング工程(ステップS6)にてエッチングされる酸化膜の深さ距離よりも大きな深さ距離となるようにエッチングされることによって形成される。

【選択図】 図11



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

ノズル基板に対して、相対的に大きな第 1 凹部と該第 1 凹部に対応して形成される相対的に小さな第 2 凹部とを有するノズルを形成するノズル形成工程を有し、

該ノズル形成工程を経て形成されたノズル基板と、キャビティ基板と、電極基板とを組み立てることによって流体噴射ヘッドを組み立てる流体噴射ヘッドの製造方法であって、

前記ノズル形成工程は、

前記ノズル基板の表層に酸化膜を形成する酸化膜形成工程と、

前記酸化膜上にレジスト膜を配置するレジスト膜配置工程と、

前記レジスト膜に前記第 2 凹部に応じた開口を形成する第 1 のレジスト膜パターニング工程と、

該第 1 のレジスト膜パターニング工程の後に前記レジスト膜をマスクとしてエッチング液による前記酸化膜のエッチングを行う第 1 の酸化膜エッチング工程と、

該第 1 の酸化膜エッチング工程の後に前記レジスト膜の開口を前記第 1 凹部に応じた開口に拡げる第 2 のレジスト膜パターニング工程と、

該第 2 のレジスト膜パターニング工程の後に前記レジスト膜をマスクとして前記エッチング液による前記酸化膜のエッチングを行う第 2 の酸化膜エッチング工程と、

該第 2 の酸化膜エッチング工程の後に前記酸化膜をマスクとして前記ノズル基板をドライエッチングすることによって前記第 1 凹部及び前記第 2 凹部を形成するドライエッチング工程とを有し、

前記第 1 の酸化膜エッチング工程において、前記エッチングによって前記酸化膜に形成される凹部の側壁部は、等方性エッチングによって得られる傾斜角を有する傾斜部を備え、かつ、該傾斜部の前記酸化膜エッチングによる深さ距離が、前記第 2 の酸化膜エッチング工程にてエッチングされる前記酸化膜の深さ距離よりも大きな深さ距離となるようにエッチングされることによって形成される

ことを特徴とする流体噴射ヘッドの製造方法。

## 【請求項 2】

前記第 1 の酸化膜エッチング工程において、前記レジスト膜と前記酸化膜との間に浸入した前記エッチング液による前記酸化膜のエッチング領域の深さ距離が、前記第 2 の酸化膜エッチング工程にてエッチングされる前記酸化膜の深さ距離よりも小さいことを特徴とする請求項 1 記載の流体噴射ヘッドの製造方法。

## 【請求項 3】

対象物に向けて流体を噴射する流体噴射ヘッドを備える流体噴射装置の製造方法であって、

請求項 1 または 2 記載の流体噴射ヘッドの製造方法にて前記流体噴射ヘッドを製造することを特徴とする流体噴射装置の製造方法。

## 【請求項 4】

シリコンからなる基板に対して、凹部を形成するシリコン基板のエッチング方法であって、

前記シリコン基板の表層に酸化膜を形成する酸化膜形成工程と、

前記酸化シリコン膜上にレジスト膜を配置するレジスト膜配置工程と、

前記レジスト膜に前記凹部に応じた開口を形成するレジスト膜パターニング工程と、

該レジスト膜パターニング工程の後に前記レジスト膜をマスクとしてエッチング液による前記酸化膜のエッチングを行う酸化膜エッチング工程と、

該酸化膜エッチング工程の後に前記酸化膜をマスクとして前記シリコン基板をドライエッチングすることによって前記凹部を形成するドライエッチング工程とを有し、

前記酸化膜エッチング工程において、前記エッチングによって前記酸化膜に形成される凹部の側壁部が、等方性エッチングによって得られる傾斜角の傾斜部を有するように、前記エッチングの処理時間を設定する

ことを特徴とするシリコン基板のエッチング方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、流体噴射ヘッドの製造方法、流体噴射装置の製造方法、及びシリコン基板のエッチング方法に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

流体噴射装置として、流体噴射ヘッドに形成されたノズル開口より記録媒体（対象物）にインク（流体）を噴射するインクジェット式記録装置が知られている。

このようなインクジェット式記録装置を含む流体噴射装置においては、流体噴射ヘッドがノズル開口に連通する圧力室を備えており、圧力室を容積変動させることにより圧力室内部の流体をノズル開口から外部に噴射する。

## 【0003】

例えば、上述のように圧力室を容積変動させる方式の一つとして静電駆動方式が提案されている。この静電駆動方式は、電極に電圧を印加することによって生じる静電気力によって圧力室の壁面を変位させ、これによって圧力室の容積を変動させる方式である（特許文献1参照）。

## 【0004】

そして、静電駆動方式のインクジェット式記録装置に用いられる流体噴射ヘッドのノズルは、特許文献1に示すように、相対的に大きな凹部（第1凹部）と、該凹部の底部に形成される相対的に小さな凹部（第2凹部）とから構成されており、開口端（ノズル開口）とされた小さな凹部の底部から流体を噴射する。

このようなノズルは、まずノズルが形成されるベースとなるノズル基板（シリコン基板）の表層に酸化膜を形成し、当該酸化膜をエッチング液によるウェットエッチングによってエッチングした後、当該酸化膜をマスクとしてノズル基板をドライエッチングすることによって形成される。

【特許文献1】特開平11-28820号公報

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

ところで、上述のように酸化膜をウェットエッチングする場合には、酸化膜の表面にレジスト膜を配置し、当該レジスト膜をパターンニングして開口を形成し、開口が形成されたレジストをマスクとして行われる。

しかしながら、ウェットエッチングの際には、レジスト膜と酸化膜との間にエッチング液が浸入し、この浸入したエッチング液による酸化膜のエッチングが進行してしまう。そして、レジスト膜と酸化膜との間に浸入したエッチング液によって酸化膜のエッチングが進行すると、レジスト膜に形成された開口を起点とする等方性のエッチングに影響を与えて、所望する形状の凹部が得られない場合がある。具体的には、レジスト膜と酸化膜との間へのエッチング液の浸入量に応じて酸化膜に形成される凹部の側壁部のノズル基板の表面に対する角度が変化してしまう。

レジスト膜と酸化膜との間へのエッチング液の浸入量は、不特定の条件によって変化するため、実際には、ウェットエッチングによって得られる酸化膜の凹部形状にばらつきが生じることとなる。

このようにウェットエッチングによって得られる酸化膜の凹部形状にばらつきが生じるということは、当然ながらノズル基板に形成される凹部の形状にもばらつきが生じるため、ノズル形状がばらつき安定した噴射特性が得られないという問題が生じる。

## 【0006】

なお、上述の問題は、シリコン基板の表面に酸化膜を形成し、当該酸化膜をウェットエッチングした後にシリコン基板をドライエッチングすることによってシリコン基板に凹部を形成するエッチング方法の全般に生じる問題である。

10

20

30

40

50

## 【0007】

本発明は、上述する問題点に鑑みてなされたもので、シリコンからなる基板（ノズル基板）に対して形状ばらつきの少ない凹部（ノズル）を形成可能とすることを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0008】

上記目的を達成するために、本発明の流体噴射ヘッドの製造方法は、ノズル基板に対して、相対的に大きな第1凹部と該第1凹部に対応して形成される相対的に小さな第2凹部とを有するノズルを形成するノズル形成工程を有し、該ノズル形成工程を経て形成されたノズル基板と、キャピティ基板と、電極基板とを組み立てることによって流体噴射ヘッドを組み立てる流体噴射ヘッドの製造方法であって、上記ノズル形成工程が、上記ノズル基板の表層に酸化膜を形成する酸化膜形成工程と、上記酸化膜上にレジスト膜を配置するレジスト膜配置工程と、上記レジスト膜に上記第2凹部に応じた開口を形成する第1のレジスト膜パターンニング工程と、該第1のレジスト膜パターンニング工程の後に上記レジスト膜をマスクとしてエッチング液による上記酸化膜のエッチングを行う第1の酸化膜エッチング工程と、該第1の酸化膜エッチング工程の後に上記レジスト膜の開口を上記第1凹部に応じた開口に拡げる第2のレジスト膜パターンニング工程と、該第2のレジスト膜パターンニング工程の後に上記レジスト膜をマスクとして上記エッチング液による上記酸化膜のエッチングを行う第2の酸化膜エッチング工程と、該第2の酸化膜エッチング工程の後に上記酸化膜をマスクとして上記ノズル基板をドライエッチングすることによって上記第1凹部及び上記第2凹部を形成するドライエッチング工程とを有し、上記第1の酸化膜エッチング工程において、上記エッチングによって上記酸化膜に形成される凹部の側壁部は、等方性エッチングによって得られる傾斜角を有する傾斜部を備え、かつ、該傾斜部の上記酸化膜エッチングによる深さ距離が、上記第2の酸化膜エッチング工程にてエッチングされる上記酸化膜の深さ距離よりも大きな深さ距離となるようにエッチングされることによって形成されることを特徴とする。

## 【0009】

このような特徴を有する本発明の流体噴射ヘッドの製造方法によれば、第1の酸化膜エッチング工程におけるエッチングの処理時間が、エッチングによって酸化膜に形成される凹部の側壁部が等方性エッチングによって得られる傾斜角でかつ第2の酸化膜エッチング工程にてエッチングされる酸化膜の深さ距離よりも大きな深さ距離の傾斜部を有するように設定される。

ウェットエッチングにおいて、等方性エッチングによって得られる傾斜角とされる部位（すなわち傾斜部）は、レジスト膜と酸化膜との間に浸入するエッチング液の量の影響を受けていない部位であるため、常に安定した形状となる。

そして、傾斜部の高さは第2の酸化膜エッチング工程にてエッチングされる酸化膜の深さ距離よりも大きな深さ距離とされている。このため、第2の酸化膜エッチング工程にて酸化膜に対して傾斜部に応じた部位がなくなることがない。

したがって、ドライエッチング工程において、形状ばらつきのない傾斜部に応じた酸化膜の部位をマスクとしてノズル基板のエッチングを行うことができるため、ノズル基板に対して形状ばらつきのない第2凹部を形成することができる。

第2凹部は、ノズルの先端部（流体を噴射する端部）として機能するものであるため、本発明の流体噴射ヘッドの製造方法によれば、ノズルの先端部の形状ばらつきがない流体噴射ヘッドを製造することができる。

すなわち、本発明の流体噴射ヘッドの製造方法によれば、シリコンからなる基板（ノズル基板）に対して形状ばらつきの少ない凹部（ノズル）を形成することが可能となる。

## 【0010】

また、本発明の流体噴射ヘッドの製造方法においては、上記第1の酸化膜エッチング工程において、上記レジスト膜と上記酸化膜との間に浸入した上記エッチング液による上記酸化膜のエッチング領域の深さ距離が、上記第2の酸化膜エッチング工程にてエッチングされる上記酸化膜の深さ距離よりも小さいという構成を採用する。

このような構成を採用することによって、レジスト膜と酸化膜との間に浸入したエッチング液によってエッチングされた酸化膜の部位を、第2の酸化膜エッチング工程にてエッチングすることができ、酸化膜に形成する凹部に、レジスト膜と酸化膜との間に浸入したエッチング液による影響を残さないようにすることができる。

したがって、本構成によれば、第1凹部を含めてノズルの形状を安定して形成することが可能となる。

#### 【0011】

次に、本発明の流体噴射装置の製造方法は、対象物に向けて流体を噴射する流体噴射ヘッドを備える流体噴射装置の製造方法であって、本発明の流体噴射ヘッドの製造方法にて上記流体噴射ヘッドを製造するという特徴を有する。

本発明の流体噴射ヘッドの製造方法によれば、ノズルの先端部の形状ばらつきがない流体噴射ヘッドを製造することができる。このため、本発明の流体噴射装置の製造方法によれば、ノズルの先端部の形状ばらつきがない流体噴射ヘッドを備える流体噴射装置を製造することができる。

したがって、本発明の流体噴射装置の製造方法によれば、噴射特性に優れた流体噴射装置を製造することが可能となる。

#### 【0012】

次に、本発明のシリコン基板のエッチング方法は、シリコンからなる基板に対して、凹部を形成するシリコン基板のエッチング方法であって、上記シリコン基板の表層に酸化膜を形成する酸化膜形成工程と、上記酸化シリコン膜上にレジスト膜を配置するレジスト膜配置工程と、上記レジスト膜に上記凹部に応じた開口を形成するレジスト膜パターニング工程と、該レジスト膜パターニング工程の後に上記レジスト膜をマスクとしてエッチング液による上記酸化膜のエッチングを行う酸化膜エッチング工程と、該酸化膜エッチング工程の後に上記酸化膜をマスクとして上記シリコン基板をドライエッチングすることによって上記凹部を形成するドライエッチング工程とを有し、上記酸化膜エッチング工程において、上記エッチングによって上記酸化膜に形成される凹部の側壁部が、等方性エッチングによって得られる傾斜角の傾斜部を有するように、上記エッチングの処理時間を設定することを特徴とする。

#### 【0013】

このような特徴を有する本発明のシリコン基板のエッチング方法によれば、酸化膜エッチング工程におけるエッチングの処理時間が、エッチングによって酸化膜に形成される凹部の側壁部が等方性エッチングによって得られる傾斜角となるように設定される。

ウェットエッチングにおいて、等方性エッチングによって得られる傾斜角とされる部位（すなわち傾斜部）は、レジスト膜と酸化膜との間に浸入するエッチング液の量の影響を受けていない部位であるため、常に安定した形状となる。

したがって、ドライエッチング工程において、形状ばらつきのない傾斜部をマスクとしてシリコン基板のエッチングを行うことができるため、シリコン基板に対して形状ばらつきのない凹部を形成することができる。

すなわち、本発明のシリコン基板のエッチング方法によれば、シリコンからなる基板（ノズル基板）に対して形状ばらつきのない凹部（ノズル）を形成することが可能となる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0014】

以下、図面を参照して、本発明に係る流体噴射ヘッドの製造方法、流体噴射装置の製造方法、及びシリコン基板のエッチング方法の一実施形態について説明する。なお、以下の説明においては、本発明に係る流体噴射ヘッドの一例として静電駆動方式によりインク（流体）を噴射するインクジェットヘッドについて説明し、さらに本発明の流体噴射装置の一例として上記インクジェットヘッドを備えるインクジェット式記録装置（以下、インクジェットプリンタと称する）について説明する。また、以下の図面において、各部材を認識可能な大きさとするために、各部材の縮尺を適宜変更している。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 5 】

( 流体噴射ヘッドの製造方法及び流体噴射装置の製造方法 )

## 【 0 0 1 6 】

図 1 及び図 2 は、インクジェットヘッド 1 の概略構成を示す図である。なお、図 1 及び図 2 において、ノズル列の延在方向を X 方向、該 X 方向と水平に直交する方向を Y 方向、該 X 方向及び Y 方向と直交する方向（高さ方向）を Z 方向とする。

そして、図 1 は、インクジェットヘッド 1 を Y 方向に切断すると共に分解した分解斜視図である。また、図 2 は、インクジェットヘッド 1 を Y 方向に切断した断面図である。なお、説明の便宜上、図 1 における切断面と図 2 における切断面とは、X 方向にずらしてある。

10

## 【 0 0 1 7 】

図 1 に示すように、インクジェットヘッド 1 は、電極基板 1 0 と、キャビティ基板 2 0 と、ノズル基板 3 0 とを備えている。

そして、インクジェットヘッド 1 は、図 2 に示すように、これらの電極基板 1 0、キャビティ基板 2 0 及びノズル基板 3 0 が Z 方向に積層されて接合されることによって構成されている。

## 【 0 0 1 8 】

電極基板 1 0 は、キャビティ基板 2 0 及びノズル基板 3 0 の形成材料であるシリコン単結晶基板と近い熱膨張率を有する材料によって形成される基板であり、例えばホウ珪酸ガラス等のガラス基板からなるものである。

20

## 【 0 0 1 9 】

電極基板 1 0 の上面 1 1 には、複数の溝部 1 2（図 2 参照）が X 方向に配列されて形成されている。そして、各溝部 1 2 の底面上に静電気力を発生するための個別電極 1 3 が形成されている。すなわち、個別電極 1 3 は、電極基板 1 0 上において、X 方向に配列されて複数形成されている。なお、本実施形態においては、個別電極 1 3 は、2 列に亘って配列されている。

このような個別電極 1 3 は、図 1 に示すように、同じく電極基板 1 0 上に形成された配線 1 4 を介して電極基板 1 0 の縁部に形成された端子 1 5 と接続されている。そして、個別電極 1 3 には、端子 1 5 を介して電圧が印加される。

なお、個別電極 1 3、配線 1 4 及び端子 1 5 は、例えばインジウム酸化スズ（ITO: Indium Tin Oxide）によって形成される。

30

## 【 0 0 2 0 】

また、電極基板 1 0 には、上記溝部 1 2、個別電極 1 3、配線 1 4 及び端子 1 5 を避けて Z 方向に貫通されるインク注入口 5 1 が形成されている。

インク注入口 5 1 は、電極基板 1 0 と、キャビティ基板 2 0 と、ノズル基板 3 0 とが接合されることによって形成されるインク流路 5 0 の一部であり、同じくインク流路 5 0 の一部であると共にキャビティ基板 2 0 とノズル基板 3 0 とによって形成される共通インク室 5 2 に対して外部からインクを供給するための流路である。

## 【 0 0 2 1 】

キャビティ基板 2 0 は、例えば面方位（1 0 0）または（1 1 0）のシリコン単結晶基板から形成されている。

40

キャビティ基板 2 0 の上面 2 1 には、インク流路 5 0 の一部である圧力室 5 3 に対応する溝部 2 2 と、同じくインク流路 5 0 の一部である共通インク室 5 2 に対応する溝部 2 3 が形成されている。

## 【 0 0 2 2 】

圧力室 5 3 に対応する溝部 2 2 は、図 1 に示すように、電極基板 1 0、キャビティ基板 2 0 及びノズル基板 3 0 が接合された場合において、各個別電極 1 3 の上方に圧力室 5 3 が配置されるように、電極基板 1 0 の個別電極 1 3 に対応して X 方向に複数配列されて形成されている。すなわち、圧力室 5 3 に対応する溝部 2 2 は、電極基板 1 0 の個別電極 1 3 と同数形成されている。

50

この圧力室 5 3 に対応する溝部 2 2 の底部は、可撓性を有する程度に薄く形成されており、振動板 2 4 ( 図 2 参照 ) として構成されている。この振動板 2 4 は、個別電極 1 3 に電圧が印加されることによって静電気力が発生した場合に、当該静電気力によって引き寄せられることによって下方に変位し、静電気力が解放された場合に元の平板形状に復帰する。

#### 【 0 0 2 3 】

共通インク室 5 2 に対応する溝部 2 3 は、電極基板 1 0、キャビティ基板 2 0 及びノズル基板 3 0 が接合された場合に、圧力室 5 3 の側方に共通インク室 5 2 が配置されるように、キャビティ基板 2 0 の縁部に X 方向に延在して形成されている ( 図 1 参照 ) 。

なお、共通インク室 5 2 は、X 方向に配列される圧力室 5 3 の一列ごとに一つ形成される。このため、共通インク室 5 2 に対応する溝部 2 3 は、圧力室 5 3 に対応する溝部 2 2 の一列に対して一つ形成されており、本実施形態においては二つ形成されている。

また、共通インク室 5 2 に対応する溝部 2 3 の底部には、電極基板 1 0 及びキャビティ基板 2 0 が接合された場合に、電極基板 1 0 に形成されたインク注入口 5 1 と連通される貫通孔 5 4 が形成されている。この貫通孔 5 4 は、インク注入口 5 1 を介して外部から供給されるインクを共通インク室 5 2 に導入するためのものであり、インク注入口 5 1 等の同様に、インク流路 5 0 の一部を構成するものである。

#### 【 0 0 2 4 】

また、キャビティ基板 2 0 の上面 2 1 には、圧力室 5 3 に対応する溝部 2 2 及び共通インク室 5 2 に対応する溝部 2 3 を避けて共通電極 2 5 が形成されている。そして、キャビティ基板 2 0 には、共通電極 2 5 を介して電圧が印加される。

なお、共通電極 2 5 は、例えばプラチナ ( Pt ) によって形成される。

#### 【 0 0 2 5 】

そして、キャビティ基板 2 0 は、電極基板 1 0 とキャビティ基板 2 0 とが接合されることによって、図 2 に示すように、電極基板 1 0 の溝部 1 2 とキャビティ基板 2 0 の下面 2 6 とによって、振動板 2 4 が変位可能な空間 ( 以下、振動板変位室 7 0 と称する ) が形成される。

また、振動板変位室 7 0 への異物の侵入を防止するため、振動板変位室 7 0 は、封止材 6 0 によって外部空間と隔離された密閉状態とされている。

なお、振動板変位室 7 0 の高さ ( すなわち、個別電極 1 3 と振動板 2 4 との離間距離 ) は、例えば 1 8 0 n m 程度とされる。

#### 【 0 0 2 6 】

ノズル基板 3 0 は、キャビティ基板 2 0 と同様に、面方位 ( 1 0 0 ) または ( 1 1 0 ) のシリコン単結晶基板から形成されている。

ノズル基板 3 0 の下面 3 1 には、インク流路 5 0 の一部であるインク供給口 5 5 に対応する溝部 3 2 と、上記共通インク室 5 2 に対応する溝部 3 3 と、インクを噴射するためのノズル開口 3 4 に対応する溝部 3 5 とが形成されている。

#### 【 0 0 2 7 】

インク供給口 5 5 に対応する溝部 3 2 は、キャビティ基板 2 0 とノズル基板 3 0 とが接合された場合に、各圧力室 5 3 と共通インク室 5 2 とが接続されるように形成されている。すなわち、インク供給口 5 5 に対応する溝部 3 2 は、圧力室 5 3 と同数形成されている。

#### 【 0 0 2 8 】

共通インク室 5 2 に対応する溝部 3 3 は、キャビティ基板 2 0 とノズル基板 3 0 とが接合された場合に、キャビティ基板 2 0 の溝部 2 3 と共に共通インク室 5 2 を構成するものであり、キャビティ基板 2 0 の溝部 2 3 と同様に、ノズル基板 3 0 の縁部に X 方向に延在して形成されている。

#### 【 0 0 2 9 】

ノズル開口 3 4 に対応する溝部 3 5 は、円柱形状の溝であり、ノズル ( 以下の説明においてノズル 3 5 と称する ) として機能するものである。このノズル 3 5 は、キャビティ基

10

20

30

40

50

板 20 とノズル基板 30 とが接合された場合に、キャピティ基板 20 の溝部 22 の一端と接続される大径部 35 a ( 相対的に大きな第 1 凹部 ) と、該大径部 35 a の底部に形成されると共にノズル基板 30 の上面 36 まで貫通する小径部 35 b ( 相対的に小さな第 2 凹部 ) とから構成されている。

【 0030 】

また、ノズル基板 30 の上面 36 には、共通インク室 52 に対応する凹部 37 と、ノズル開口 34 に対応する凹部 38 とが形成されている。

【 0031 】

共通インク室 52 に対応する凹部 37 は、ノズル基板 30 の下面 31 に形成された溝部 33 の反対側に形成されている。そして、溝部 33 と凹部 37 とによって挟まれた壁部は、可撓性を有する程度に薄く形成されており、ダイアフラム 39 として構成されている。このダイアフラム 39 は、共通インク室 52 内のインクの振動 ( 振動波 ) に伴って振動し、これによって共通インク室 52 内の振動波を減衰させるものである。そして、本実施形態においてダイアフラム 39 は、ノズル基板 30 の上面 36 側において、凹部 37 の内部にて変位する。

10

【 0032 】

ノズル開口 34 に対応する凹部 38 は、その底部に溝部 35 の小径部 35 b の開口端であるノズル開口 34 が露出されるものであり、全てのノズル開口 34 の形成領域全体に形成されている。

【 0033 】

そして、上記電極基板 10、キャピティ基板 20 及びノズル基板 30 が接合されることによって、電極基板 10 に形成されたインク注入口 51 からノズル基板 30 に形成されたノズル開口 34 まで連通するインク流路 50 が形成される。

20

より詳細には、キャピティ基板 20 の上面 21 に形成された溝部 23 と、ノズル基板 30 の下面 31 に形成された溝部 33 とによって共通インク室 52 が形成される。また、キャピティ基板 20 の上面に 21 に形成された溝部 22 と、ノズル基板 30 の下面 31 とによって圧力室 53 が形成される。また、ノズル基板 30 の下面 31 に形成された溝部 32 と、キャピティ基板 20 の上面 21 とによってインク供給口 55 が形成される。

すなわち、インクジェットヘッド 1 においては、ノズル基板 30 にはノズル開口 34 と該ノズル開口 34 に連通するインク流路 50 の一部が形成され、キャピティ基板 20 にはインク流路 50 の残部が形成され、これらのノズル基板 30 とキャピティ基板 20 とが接着剤を介して接合されている。

30

【 0034 】

共通インク室 52 は、インク注入口 51 及び貫通孔 54 を介して外部から供給されるインクを一旦貯留するものであり、一列分の圧力室 53 に対して一つ設けられている。

圧力室 53 は、振動板 24 の変位によって容積変動を生じるものであり、各ノズル開口 34 に対して設けられている。そして、圧力室 53 は、一端がノズル 35 と接続されると共に他端がインク供給口 55 と接続される。

【 0035 】

インク供給口 55 は、共通インク室 52 から各圧力室 53 に対してインクを導入するための入口として機能するものであり、一端が圧力室 53 と接続されると共に他端が共通インク室 52 と接続される。

40

【 0036 】

このようなインクジェットヘッド 1 によってインクを噴射する場合には、インク注入口 51 及び貫通孔 54 を介して共通インク室 52 にインクが供給され、共通インク室 52 に供給されたインクがインク供給口 55 を介して各圧力室 53 供給され、各圧力室 53 に供給されたインクが各ノズル 35 に供給される。

【 0037 】

そして、このようにしてインク流路 50 の全てにインクが供給された状態において、電極基板 10 の端子 15 とキャピティ基板 20 の上面 21 に形成された共通電極 25 とに外

50

部の制御部 140 (図 16 参照) から駆動電圧が印加されると、電極基板 10 の個別電極 13 とキャピティ基板 20 の振動板 24 との間に電位差が生じ、静電気力が発生する。

【0038】

この結果、図 3 に示すように、振動板 24 が上記静電気力によって下方に引き寄せられることで振動板変位室 70 内において変位し、圧力室 53 の容積が増加する。そして、圧力室 53 の容積の増加分に応じた量のインクが共通インク室 52 からインク供給口 55 を介して圧力室 53 に供給される。

【0039】

その後、駆動電圧の印加を停止することによって上記静電気力が消失し、当該静電気力によって変位された振動板 24 が元の形状 (平板状) に復帰する。この結果、図 4 に示すように、圧力室 53 の容積が減少し、容積の増加時に圧力室 53 に供給されたインクと同量のインク L が、ノズル開口 34 を介して外部に噴射される。

10

【0040】

なお、振動板 24 が元の形状に復帰する場合には、振動板 24 の変位によってインク流路 50 内においてインクの逆流が生じる。すなわち、ノズル開口 34 からインクを噴射する際に、インク流路 50 内には、圧力室 53 から共通インク室 52 へ向かうインクの振動波が生じる。

そして、このようなインクの振動波は、共通インク室 52 に到達した後、ダイアフラム 39 を振動させる。この結果、インクの振動波は減衰される。すなわち、ノズル開口 34 からインクを噴射する際に生じたインクの振動は、ダイアフラム 39 によって吸収される。このため、所定のノズル開口 34 からインクを噴射することによって生じたインク流路 50 内部のインクの振動波が、他のノズル開口 34 に対応する圧力室 53 に伝達されることが抑止され、他のノズル開口 34 におけるインクの噴射特性に影響を与えることが抑止される。

20

【0041】

続いて、このようなインクジェットヘッド 1 の製造方法について説明する。なお、本実施形態においては、ノズルの形成方法に特徴があるため、インクジェットヘッド 1 の製造方法の説明にあたり、ノズルの形成方法 (ノズル形成工程) について詳説する。

【0042】

本実施形態におけるノズル形成工程は、図 5 のフローチャートに示すように、酸化膜形成工程 (ステップ S1) と、レジスト膜配置工程 (ステップ S2) と、第 1 のレジスト膜パターニング工程 (ステップ S3) と、第 1 の酸化膜エッチング工程 (ステップ S4) と、第 2 のレジスト膜パターニング工程 (ステップ S5) と、第 2 の酸化膜エッチング工程 (ステップ S6) と、ドライエッチング工程 (ステップ S7) とを有する。

30

【0043】

酸化膜形成工程 (ステップ S1) は、図 6 に示すように、ノズル基板 20 のベースとなるシリコン基板 300 の表層に酸化膜 301 を形成する工程である。具体的には、本酸化膜形成工程においては、厚さが 180  $\mu\text{m}$  のシリコン基板 300 を熱酸化させて、その表層に例えば 1.2  $\mu\text{m}$  以上の厚みの酸化シリコン膜 (酸化膜 301) を形成する。

【0044】

レジスト膜配置工程 (ステップ S2) は、図 7 に示すように、シリコン基板 300 の表層に形成された酸化膜 301 上にレジスト膜 302 を配置する工程である。本レジスト膜配置工程において、レジスト膜 302 は、例えば、スピンコート法、ロールコート法、スプレーコート法等の周知の方法によって酸化膜 301 上に配置される。

40

【0045】

第 1 のレジスト膜パターニング工程は (ステップ S3)、図 8 に示すように、レジスト膜 302 に小径部 35b (第 2 の凹部) に応じた開口 303 を形成する工程である。本第 1 のレジスト膜パターニング工程においては、マスクを介してレジスト膜 302 を露光し、その後現像液にてレジスト膜 302 を洗うことによってレジスト膜 302 を所望の形状にパターニングする。

50

## 【 0 0 4 6 】

第 1 の酸化膜エッチング工程（ステップ S 4）は、図 9 に示すように、上記第 1 のレジスト膜パターニング工程の後にレジスト膜 3 0 2 をマスクとしてエッチング液による酸化膜 3 0 1 のエッチングを行う工程である。すなわち、第 1 の酸化膜エッチング工程は、レジスト膜 3 0 2 をマスクとして酸化膜 3 0 1 をウェットエッチングする工程である。

このような第 1 の酸化膜エッチング工程に用いられるエッチング液としては、例えば、バッファードフッ酸（ $\text{HF} : \text{NH}_4\text{F} = 880\text{ml} : 5610\text{ml}$ ）が用いられる。

このような第 1 の酸化膜エッチング工程（ステップ S 4）によって、酸化膜 3 0 1 に凹部 3 0 4 が形成される。

## 【 0 0 4 7 】

図 1 0 ~ 図 1 2 は、第 1 のレジスト膜パターニング工程においてウェットエッチングを続けたと仮定した場合における酸化膜 3 0 1 に対するエッチングの進行状態を示した図である。

ウェットエッチングは、等方性エッチングであるため、エッチング開始直後においては、図 1 0 に示すように、酸化膜 3 0 1 は、開口 3 0 3 を起点として等方にエッチングされる。このため、エッチング開始直後において酸化膜 3 0 1 に形成される凹部 3 0 4 の側壁部 3 0 5 は、シリコン基板 3 0 0 の表面 3 0 6 に対して、等方性エッチングによって得られる傾斜角 となる。

しかしながら、エッチングを開始してしばらくすると、レジスト膜 3 0 2 と酸化膜 3 0 1 との間にエッチング液が浸入し、この浸入したエッチング液による酸化膜のエッチングが進行してしまう。この結果、図 1 1 に示すように、レジスト膜 3 0 2 と酸化膜 3 0 1 との間に浸入したエッチング液によってエッチングされる領域 A が出現する。当該領域 A における側壁部 3 0 5 は、シリコン基板 3 0 0 の表面 3 0 6 に対して、等方性エッチングによって得られる傾斜角 よりも小さな傾斜角 となる。

そして、さらにウェットエッチングを続けると、図 1 2 に示すように、側壁部 3 0 5 は、シリコン基板 3 0 0 の表面 3 0 6 に対して、傾斜角 となる。

## 【 0 0 4 8 】

傾斜角 が等方性エッチングによって規定される安定して得られる角度であるのに対して、傾斜角 は、条件等によって変動するエッチング液の浸入量によって規定される角度であり安定して得られる角度ではない。すなわち、レジスト膜 3 0 2 と酸化膜 3 0 1 との間に浸入したエッチング液によってエッチングされる領域 A の形状は、ばらつきが大きい。よって、仮に傾斜角 の側壁部 3 0 5 からなる凹部 3 0 4 をマスクとしてシリコン基板 3 0 0 をエッチングした場合には、シリコン基板 3 0 0 に対して形成される凹部の形状がばらつく。

また、酸化膜 3 0 1 に形成される凹部 3 0 4 の側壁部 3 0 5 が、シリコン基板 3 0 0 の表面に対して傾斜角 を有している場合には、側壁部 3 0 5 が傾斜角 を有している場合よりも厚みが薄くなる。よって、傾斜角 を有する酸化膜 3 0 1 の凹部 3 0 4 をマスクとしてシリコン基板 3 0 0 をエッチングした場合には、後のドライエッチング工程において側壁部 3 0 5 が消失しやすくなり、マスクとして安定した機能を発揮できない場合がある。このため、仮に傾斜角 の側壁部 3 0 5 からなる凹部 3 0 4 をマスクとしてシリコン基板 3 0 0 をエッチングした場合には、シリコン基板 3 0 0 に対して形成される凹部の形状がばらつく。

## 【 0 0 4 9 】

このように、仮に傾斜角 の側壁部 3 0 5 からなる凹部 3 0 4 をマスクとしてシリコン基板 3 0 0 をエッチングした場合には、シリコン基板 3 0 0 に対して形成される凹部の形状がばらつく。後の第 2 の酸化膜エッチング工程において酸化膜 3 0 1 に形成される凹部（シリコン基板 3 0 0 をドライエッチングする場合に実際にマスクとして機能する部分）の形状は、第 1 の酸化膜エッチング工程にて形成された凹部 3 0 4 の形状に依存する。すなわち、凹部 3 0 4 の側壁部 3 0 5 が傾斜角 である場合には、後の第 2 の酸化膜エッチング工程において酸化膜 3 0 1 に形成される凹部の側壁部も凡そ傾斜角 となり、これに

10

20

30

40

50

よってシリコン基板 300 に対して形成される凹部の形状がばらつくこととなる。

【0050】

このため、本実施形態においては、第1の酸化膜エッチング工程において、エッチングの処理時間を、エッチングによって酸化膜 301 に形成される凹部 304 の側壁部 305 が、等方性エッチングによって得られる傾斜角  $\theta$  の傾斜部 307 を有するように設定する。すなわち、本実施形態においては、図10あるいは図11に示すような、酸化膜 301 に形成される凹部 304 の側壁部 305 の最もシリコン基板 300 側の角度が傾斜角  $\theta$  となるように（すなわち傾斜部 307 となるように）、エッチングの処理時間が設定される。

なお、酸化膜 301 は、後の第2の酸化膜エッチング工程にてさらにエッチングされるため、傾斜部 307 の深さ距離  $L_1$ （図10あるいは図11参照）は、第2の酸化膜エッチング工程にてエッチングされる酸化膜 301 の深さ距離  $L_2$ （図14参照）よりも大きく設定される。傾斜部 307 の高さは、エッチングの処理時間によって制御することが可能である。

【0051】

第2のレジスト膜パターンニング工程（ステップ S5）は、図13に示すように、第1のレジスト膜パターンニング工程の後にレジスト膜 302 に形成された開口 303 を大径部 35a に応じた開口 308 に拡げる工程である。本第2のレジスト膜パターンニング工程は、上記第1のレジスト膜パターンニング工程（ステップ S3）と同様に、マスクを介してレジスト膜 302 を露光し、その後現像液にてレジスト膜 302 を洗い流すことによってレジスト膜 302 を所望の形状にパターンニングする。

【0052】

第2の酸化膜エッチング工程（ステップ S6）では、図14に示すように、上記第2のレジスト膜パターンニング工程の後にレジスト膜 302 をマスクとしてエッチング液による酸化膜 301 のエッチングを行う工程である。すなわち、第2の酸化膜エッチング工程は、レジスト膜 302 をマスクとして酸化膜 301 をウェットエッチングする工程である。このような第2の酸化膜エッチング工程によって酸化膜 301 に凹部 309 が形成される。

この第2の酸化膜エッチング工程では、第1の酸化膜エッチング工程にて酸化膜 301 に形成された凹部 304 もエッチング液によってエッチングされるが、等方性エッチングであるため、凹部 304 の形状を維持しながらエッチングが進行することとなる。そして、上記第1の酸化膜エッチング工程にて形成された凹部 304 の傾斜部 307 は、第2の酸化膜エッチング工程にてエッチングされる酸化膜 301 の深さ距離  $L_2$  よりも大きな深さ距離  $L_1$  に設定されているため、第2の酸化膜エッチング工程にて傾斜部 307 の形状がなくなることなく、酸化膜 301 に形成される凹部 309 の側壁部 310 の最もシリコン基板 300 側の角度が傾斜角  $\theta$  となる。

なお、第2の酸化膜エッチング工程では、第1の酸化膜エッチング工程にて酸化膜 301 に形成された凹部 304 の形状がそのまま維持されるものではなく、凹部 304 の微細な形状は維持されない。このため、例えば、第1の酸化膜エッチング工程にて、レジスト膜 302 と酸化膜 301 との間に浸入したエッチング液によってエッチングされる領域 A の深さ距離  $L_3$ （図11参照）が、第2の酸化膜エッチング工程にてエッチングされる酸化膜 301 の深さ距離  $L_2$  よりも小さくなるようにウェットエッチングを行うことによって、凹部 304 に対して図11にて示した領域 A の影響が残ることを防止することができる。なお、レジスト膜 302 と酸化膜 301 との間に浸入したエッチング液によってエッチングされる領域 A の深さ距離  $L_3$  は、第1の酸化膜エッチング工程におけるエッチング処理の時間を制御することによって調整することが可能である。

【0053】

ドライエッチング工程（ステップ S7）は、図15に示すように、第2の酸化膜エッチング工程の後に酸化膜 301 をマスクとしてシリコン基板をドライエッチングすることによって大径部 35a 及び小径部 35b からなるノズル 35 を形成する工程である。具体的

には、例えば、フッ化炭素（ $CF$ 、 $CF_4$ ）、6フッ化硫黄（ $SF_6$ ）をエッチングガスとして用いるICP放電による異方性ドライエッチングを行うことによって大径部35a及び小径部35bからなるノズル35を形成する。なお、上記エッチングガスのうち、フッ化炭素は形成される凹部の側面にエッチングが進行しないように凹部の側壁部を保護するために用いられる。また、上記エッチングガスのうち、6フッ化硫黄は、シリコン基板300に対して垂直のエッチングを進行させるために用いられる。

【0054】

以上のような酸化膜形成工程（ステップS1）、レジスト膜配置工程（ステップS2）、第1のレジスト膜パターンニング工程（ステップS3）、第1の酸化膜エッチング工程（ステップS4）、第2のレジスト膜パターンニング工程（ステップS5）、第2の酸化膜エッチング工程（ステップS6）、及びドライエッチング工程（ステップS7）を経た後に、酸化膜301を、例えばフッ酸水溶液（例えば、 $HF:H_2O=1:5vol, 25$ ）で洗い流すことによって、ノズル35が形成される。

10

【0055】

なお、ノズル基板20の形成にあたっては、他の凹部37, 38や溝部32, 33も、ノズル35の形成工程と同時にエッチングによって形成される。

また、キャピティ基板30も、ノズル基板20と同様に、シリコン基板をエッチングすることによって形成される。

【0056】

そして、電極基板10とキャピティ基板20とが例えば陽極接合によって接合され、キャピティ基板20とノズル基板30とが接着剤を介して接合されることによって、インクジェットヘッド1が製造される。

20

【0057】

このような本実施形態のインクジェットヘッド1の製造方法によれば、第1の酸化膜エッチング工程（ステップS4）におけるエッチングの処理時間が、エッチングによって酸化膜301に形成される凹部304の側壁部305が等方性エッチングによって得られる傾斜角でかつ第2の酸化膜エッチング工程（ステップS6）にてエッチングされる酸化膜301の深さ距離L2よりも大きな深さ距離L1の傾斜部307を有するように設定される。

ウェットエッチングにおいて、等方性エッチングによって得られる傾斜角とされる部位（すなわち傾斜部307）は、レジスト膜302と酸化膜301との間に浸入するエッチング液の量の影響を受けていない部位であるため、常に安定した形状となる。

30

そして、傾斜部307の深さ距離L1は第2の酸化膜エッチング工程（ステップS6）にてエッチングされる酸化膜301の深さ距離L2よりも大きくされている。このため、第2の酸化膜エッチング工程にて酸化膜301から傾斜部307に応じた角度（傾斜角）の部位がなくなることがない。すなわち、傾斜角とされた、凹部309の側壁部310の最もシリコン基板300側の部位が形成される。

したがって、ドライエッチング工程（ステップS7）において、形状ばらつきのない傾斜部307に応じた酸化膜301の部位（凹部309の側壁部310の最もシリコン基板300側の部位）をマスクとしてシリコン基板300のエッチングを行うことができるため、シリコン基板300に対して形状ばらつきのない小径部35bを形成することができる。

40

小径部35bは、ノズル35の先端部（インクを噴射する端部）として機能するものであるため、本実施形態のインクジェットヘッドの製造方法によれば、ノズル35の先端部の形状ばらつきがないインクジェットヘッド1を製造することができる。

【0058】

すなわち、本実施形態のインクジェットヘッド1の製造方法によれば、第1の酸化膜エッチング工程（ステップS4）において、エッチングによって酸化膜301に形成される凹部304の側壁部305は、等方性エッチングによって得られる傾斜角を有する傾斜部307を備え、かつ、該傾斜部307の酸化膜エッチングによる深さ距離L1が、第2

50

の酸化膜エッチング工程（ステップS6）にてエッチングされる酸化膜の深さ距離L2よりも大きな深さ距離となるようにエッチングされることによって形成される。そして、これによってノズル35の先端部の形状ばらつきがないインクジェットヘッド1を製造する。

【0059】

また、本実施形態のインクジェットヘッド1の製造方法においては、第1の酸化膜エッチング工程（ステップS4）において、レジスト膜302と酸化膜301との間に浸入したエッチング液による酸化膜301のエッチング領域Aの深さ距離L3が、第2の酸化膜エッチング工程（ステップS6）にてエッチングされる酸化膜301の深さ距離L1よりも小さくされている。

10

このため、レジスト膜302と酸化膜301との間に浸入したエッチング液によってエッチングされた酸化膜301の部位を、第2の酸化膜エッチング工程（ステップS6）にてエッチングすることができ、酸化膜301に形成する凹部309に、レジスト膜302と酸化膜301との間に浸入したエッチング液による影響を残さないようにすることができる。

したがって、本実施形態のインクジェットヘッド1の製造方法によれば、大径部35aを含めてノズル35の形状を安定して形成することが可能となる。

【0060】

続いて、図16を参照して、本実施形態のインクジェットヘッド1を備えるインクジェットプリンタ100について説明する。

20

図16は、インクジェットプリンタ100の内部構造の概略を示す斜視図である。

【0061】

図16に示すように、インクジェットプリンタ100は、給紙ユニット150、搬送ユニット160、キャリッジユニット170、メンテナンスユニット180、及び駆動部190を備えている。

【0062】

給紙ユニット150は、インクジェットプリンタ100に対して印刷用紙（図示せず）を供給するためのものであり、印刷用紙を積層載置することが可能な給紙トレイ151、給紙トレイ151に載置された印刷用紙をピックアップするためのピックアップローラ等を備えている。

30

【0063】

搬送ユニット160は、給紙ユニット150によって給紙された印刷用紙を搬送するものであり、キャリッジユニット170よりも給紙側にて印刷用紙を搬送する搬送ローラやキャリッジユニット170よりも排紙側にて印刷用紙を搬送する搬送ローラ等を備えている。

【0064】

キャリッジユニット170は、本実施形態のインクジェットヘッド1が設置されるものであり、インクジェットヘッド1を印刷用紙の搬送方向と直交する方向に移動させるものである。

このキャリッジユニット170は、インクジェットヘッド1と該インクジェットヘッド1に供給するインクを貯留するインクカートリッジ200とが固定されるキャリッジ171等を備える。そして、キャリッジユニット171を移動させることによって、インクジェットヘッド1を移動させる。

40

なお、インクカートリッジ200は、例えば、4つのカートリッジ（4色のインク（ブラック、イエロー、シアン、マゼンダ）がそれぞれ別個独立に充填された容器）からなり、それぞれが別個独立に交換可能となっている。

【0065】

メンテナンスユニット180は、インクジェットヘッド1のメンテナンスを行うものであり、搬送ユニット160の側方に配置されている。

このメンテナンスユニット180は、不図示のキャップ機構、ポンプ装置、ワイピング

50

機構等を備えている。

【0066】

駆動部190は、インクジェットプリンタ100の駆動源としての駆動モータ191と、該駆動モータ191の駆動力を各機構（給紙ユニット150、搬送ユニット160、キャリアッジユニット170及びメンテナンスユニット180）に伝達するための伝達機構（不図示）等を備えている。

【0067】

このような構成を有するインクジェットプリンタ100においては、不図示の制御部によって、駆動部190、給紙ユニット150及び搬送ユニット160が制御されることで印刷用紙が搬送され、制御部によって、キャリアッジユニット170が制御されることでインクジェットヘッド1から印刷用紙にインクが噴射され、これによって印刷用紙に画像形成が行われる。

また、このような構成を有するインクジェットプリンタ100においては、不図示の制御部によって、駆動部190、メンテナンスユニット180及びキャリアッジユニット170が制御されることでインクジェットヘッド1のメンテナンスが行われる。

【0068】

そして、このようなインクジェットプリンタ100は、上述のようにして製造されたインクジェットヘッド1を含む各種構成物を組み立てることによって製造される。

本実施形態のインクジェットヘッドの製造方法によれば、ノズル35の先端部（開口端34及び小径部35b）の形状ばらつきがないインクジェットヘッド1を製造することができる。このため、このようなインクジェットヘッドの製造方法を含むインクジェットプリンタの製造方法によれば、ノズル35の先端部の形状ばらつきがないインクジェットヘッド1を備えるインクジェットプリンタ100を製造することができる。

したがって、本実施形態のインクジェットプリンタの製造方法によれば、噴射特性に優れたインクジェットプリンタ100を製造することが可能となる。

【0069】

（シリコン基板のエッチング方法）

次に、シリコン基板のエッチング方法について図17～図24を参照して説明する。なお、図17は、本実施形態のシリコン基板のエッチング方法のフローチャートである。また、図18～図24は、本実施形態のシリコン基板のエッチング方法について説明するための説明図である。

【0070】

図17のフローチャートに示すように、本実施形態のシリコン基板のエッチング方法は、酸化膜形成工程（ステップS11）と、レジスト膜配置工程（ステップS12）と、レジスト膜パターニング工程（ステップS13）と、酸化膜エッチング工程（ステップS14）と、ドライエッチング工程（ステップS15）とを有する。

【0071】

酸化膜形成工程（ステップS11）は、図18に示すように、シリコン基板400の表層に酸化膜401を形成する工程である。具体的には、本酸化膜形成工程においては、シリコン基板400を熱酸化させて、その表層に酸化シリコン膜（酸化膜401）を形成する。

【0072】

レジスト膜配置工程（ステップS12）は、図19に示すように、シリコン基板400の表層に形成された酸化膜401上にレジスト膜402を配置する工程である。本レジスト膜配置工程において、レジスト膜402は、例えば、スピンコート法、ロールコート法、スプレーコート法等の周知の方法によって酸化膜401上に配置される。

【0073】

レジスト膜パターニング工程は（ステップS13）、図20に示すように、レジスト膜402に、シリコン基板400に形成される凹部に応じた開口403を形成する工程である。本レジスト膜パターニング工程においては、マスクを介してレジスト膜402を露光

10

20

30

40

50

し、その後現像液にてレジスト膜 402 を洗うことによってレジスト膜 402 を所望の形状にパターンニングする。

【0074】

酸化膜エッチング工程（ステップ S14）は、図 21 に示すように、上記レジスト膜パターンニング工程の後にレジスト膜 402 をマスクとしてエッチング液による酸化膜 401 のエッチングを行う工程である。すなわち、酸化膜エッチング工程は、レジスト膜 402 をマスクとして酸化膜 401 をウェットエッチングする工程である。このような酸化膜エッチング工程によって酸化膜 401 に対して凹部 404 が形成される。

このような酸化膜エッチング工程に用いられるエッチング液としては、例えば、バッファードフッ酸（ $\text{HF} : \text{NH}_4\text{F} = 880\text{ml} : 5610\text{ml}$ ）が用いられる。

10

【0075】

図 22 は、酸化膜エッチング工程（ステップ S14）の際における酸化膜 401 の拡大図である。この図に示すように、酸化膜エッチング工程においては、エッチングの処理時間を、エッチングによって酸化膜 401 に形成される凹部 404 の側壁部 405 が、等方性エッチングによって得られる、シリコン基板 400 の表面 406 に対する角度が傾斜角である傾斜部 407 を有するように設定する。すなわち、本実施形態においては、図 25 に示すような、酸化膜 401 に形成される凹部 404 の側壁部 405 の最もシリコン基板 400 側の角度が傾斜角となるように（すなわち傾斜部 407 となるように）、エッチングの処理時間が設定される。

【0076】

20

ドライエッチング工程（ステップ S15）は、図 23 に示すように、酸化膜エッチング工程の後に酸化膜 401 をマスクとしてシリコン基板をドライエッチングすることによって、シリコン基板 400 に対して凹部 408 を形成する工程である。具体的には、例えば、フッ化炭素（ $\text{CF}$ 、 $\text{CF}_4$ ）、6フッ化硫黄（ $\text{SF}_6$ ）をエッチングガスとして用いる ICP 放電による異方性ドライエッチングを行うことによって凹部 408 を形成する。なお、上記エッチングガスのうち、フッ化炭素は形成される凹部の側面にエッチングが進行しないように凹部の側壁部を保護するために用いられる。また、上記エッチングガスのうち、6フッ化硫黄は、シリコン基板 400 に対して垂直のエッチングを進行させるために用いられる。

【0077】

30

以上のような酸化膜形成工程（ステップ S11）、レジスト膜配置工程（ステップ S12）、レジスト膜パターンニング工程（ステップ S13）、酸化膜エッチング工程（ステップ S14）、及びドライエッチング工程（ステップ S15）を経た後に、酸化膜 401 を、例えばフッ酸水溶液（例えば、 $\text{HF} : \text{H}_2\text{O} = 1 : 5\text{vol}, 25$ ）で洗い流すことによって、図 24 に示すような凹部 408 が形成されたシリコン基板 400 が製造される。すなわち、シリコン基板 400 は、凹部 408 が形成されるようにエッチングされる。

【0078】

このような本実施形態のシリコン基板のエッチング方法によれば、酸化膜エッチング工程におけるエッチングの処理時間が、エッチングによって酸化膜 401 に形成される凹部 404 の側壁部 405 が等方性エッチングによって得られる傾斜角となるように設定される。

40

ウェットエッチングにおいて、等方性エッチングによって得られる傾斜角とされる部位（すなわち傾斜部 407）は、レジスト膜 402 と酸化膜 401 との間に浸入するエッチング液の量の影響を受けていない部位であるため、常に安定した形状となる。

したがって、ドライエッチング工程において、形状ばらつきのない傾斜部 407 をマスクとしてシリコン基板 400 のエッチングを行うことができるため、シリコン基板 400 に対して形状ばらつきのない凹部 408 を形成することができる。

すなわち、本実施形態のシリコン基板のエッチング方法によれば、シリコンからなる基板（ノズル基板）に対して形状ばらつきの少ない凹部（ノズル）を形成することが可能となる。

50

## 【 0 0 7 9 】

以上、添付図面を参照しながら本発明に係る好適な実施形態について説明したが、本発明は係る例に限定されないことは言うまでもなく、上記各実施形態を組み合わせても良い。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、それらについても当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

## 【 0 0 8 0 】

例えば、上記実施形態においては、単一のインクジェットヘッドを備えるインクジェットプリンタについて説明した。

しかしながら、本発明はこれに限定されるものではなく、複数のインクジェットヘッドを備えるインクジェットプリンタの製造方法に適用することも可能である。

また、本発明は、シリアル方式のインクジェットプリンタに限られるものではなく、ラインヘッド方式のインクジェットプリンタの製造方法に適用することも可能である。

## 【 0 0 8 1 】

また、上記実施形態においては、インクジェット式記録装置がインクジェットプリンタである場合を例にして説明したが、インクジェットプリンタに限られず、複写機及びファクシミリ等の記録装置であってもよい。

## 【 0 0 8 2 】

また、上述の各実施形態においては、流体噴射装置が、インク等の流体を噴射する流体噴射装置（流体噴射装置）である場合を例にして説明したが、本発明の流体噴射装置の製造方法は、インク以外の他の流体を噴射したり吐出したりする流体噴射装置の製造方法に適用することができる。流体噴射装置が噴射可能な流体は、液体、機能材料の粒子が分散又は溶解されている液状体、ジェル状の流状体、流体として流して噴射できる固体、及び粉体（トナー等）を含む。

## 【 0 0 8 3 】

また、上述の各実施形態において、流体噴射装置から噴射される流体としては、インクのみならず、特定の用途に対応する流体を適用可能である。流体噴射装置に、その特定の用途に対応する流体を噴射可能な噴射ヘッドを設け、その噴射ヘッドから特定の用途に対応する流体を噴射して、その流体を所定の物体に付着させることによって、所定のデバイスを製造可能である。例えば、本発明の流体噴射装置（流体噴射装置）は、液晶ディスプレイ、EL（エレクトロルミネッセンス）ディスプレイ、及び面発光ディスプレイ（FED）の製造等に用いられる電極材、色材等の材料を所定の分散媒（溶媒）に分散（溶解）した流体を噴射する流体噴射装置に適用可能である。

## 【 0 0 8 4 】

また、流体噴射装置としては、バイオチップ製造に用いられる生体有機物を噴射する流体噴射装置、精密ピペットとして用いられ試料となる流体を噴射する流体噴射装置であってもよい。

## 【 0 0 8 5 】

さらに、時計やカメラ等の精密機械にピンポイントで潤滑油を噴射する流体噴射装置、光通信素子等に用いられる微小半球レンズ（光学レンズ）などを形成するために紫外線硬化樹脂等の透明樹脂液を基板上に噴射する流体噴射装置、基板などをエッチングするために酸又はアルカリ等のエッチング液を噴射する流体噴射装置、ジェルを噴射する流状体噴射装置、トナーなどの粉体を例とする固体を噴射するトナージェット式記録装置であってもよい。そして、これらのうちいずれか一種の流体噴射装置の製造方法に本発明を適用することができる。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 8 6 】

【 図 1 】本発明の一実施形態であるインクジェットヘッドの製造方法にて製造されるインクジェットヘッドの切断分解斜視図である。

【 図 2 】本発明の一実施形態であるインクジェットヘッドの製造方法にて製造されるイン

10

20

30

40

50

クジェットヘッドの断面図である。

【図 3】本発明の一実施形態であるインクジェットヘッドの製造方法にて製造されるインクジェットヘッドの動作を説明するための説明図である。

【図 4】本発明の一実施形態であるインクジェットヘッドの製造方法にて製造されるインクジェットヘッドの動作を説明するための説明図である。

【図 5】本発明の一実施形態であるインクジェットヘッドの製造方法を説明するためのフローチャートである。

【図 6】本発明の一実施形態であるインクジェットヘッドの製造方法を説明するための説明図である。

【図 7】本発明の一実施形態であるインクジェットヘッドの製造方法を説明するための説明図である。

【図 8】本発明の一実施形態であるインクジェットヘッドの製造方法を説明するための説明図である。

【図 9】本発明の一実施形態であるインクジェットヘッドの製造方法を説明するための説明図である。

【図 10】本発明の一実施形態であるインクジェットヘッドの製造方法を説明するための説明図である。

【図 11】本発明の一実施形態であるインクジェットヘッドの製造方法を説明するための説明図である。

【図 12】本発明の一実施形態であるインクジェットヘッドの製造方法を説明するための説明図である。

【図 13】本発明の一実施形態であるインクジェットヘッドの製造方法を説明するための説明図である。

【図 14】本発明の一実施形態であるインクジェットヘッドの製造方法を説明するための説明図である。

【図 15】本発明の一実施形態であるインクジェットヘッドの製造方法を説明するための説明図である。

【図 16】本発明の一実施形態であるインクジェットヘッドの製造方法にて製造されたインクジェットヘッドを備えるインクジェットプリンタの内部構造の概略を示す斜視図である。

【図 17】本発明の一実施形態であるシリコン基板のエッチング方法を説明するためのフローチャートである。

【図 18】本発明の一実施形態であるシリコン基板のエッチング方法を説明するための説明図である。

【図 19】本発明の一実施形態であるシリコン基板のエッチング方法を説明するための説明図である。

【図 20】本発明の一実施形態であるシリコン基板のエッチング方法を説明するための説明図である。

【図 21】本発明の一実施形態であるシリコン基板のエッチング方法を説明するための説明図である。

【図 22】本発明の一実施形態であるシリコン基板のエッチング方法を説明するための説明図である。

【図 23】本発明の一実施形態であるシリコン基板のエッチング方法を説明するための説明図である。

【図 24】本発明の一実施形態であるシリコン基板のエッチング方法を説明するための説明図である。

【符号の説明】

【0087】

1 ... .. インクジェットヘッド（流体噴射ヘッド）、10 ... .. 電極基板、20 ... .. キャピティ基板、30 ... .. ノズル基板、35 ... .. ノズル、35a ... .. 大径部（第1凹部）、35

10

20

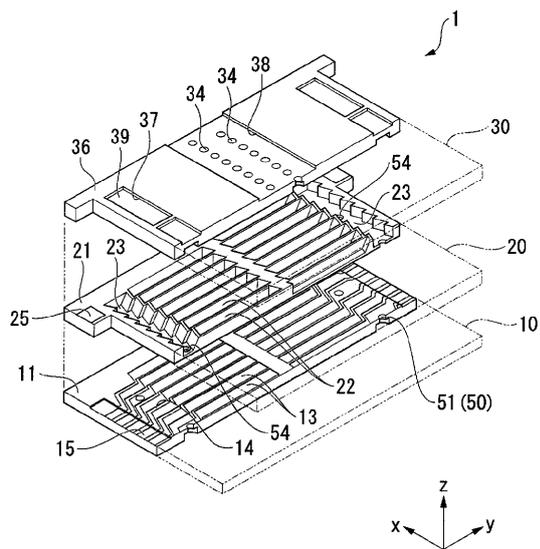
30

40

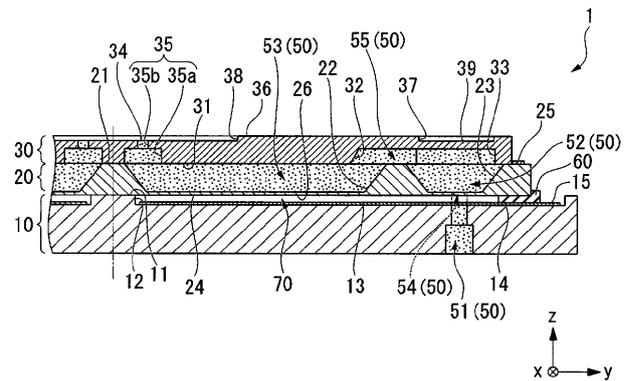
50

b ... 小径部 (第2凹部)、300, 400 ... シリコン基板、301, 401 ... 酸化膜、302, 402 ... レジスト膜、304, 404 ... 凹部、305, 405 ... 側壁部、307, 407 ... 傾斜部、100 ... インクジェットプリンタ (流体噴射装置)、  
 ... 傾斜角、L1 ... 傾斜部の酸化膜エッチングによる深さ距離、L2 ... 第2の酸化膜エッチング工程にてエッチングされる酸化膜の深さ距離、L3 ... レジスト膜と酸化膜との間に浸入したエッチング液によってエッチングされる領域の深さ距離

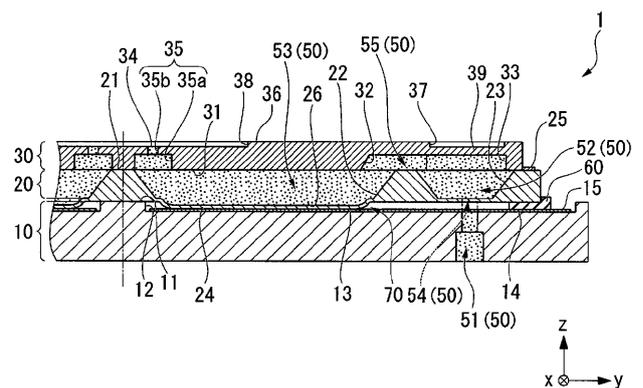
【図1】



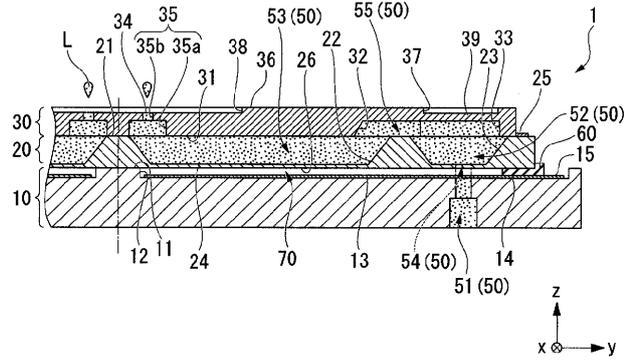
【図2】



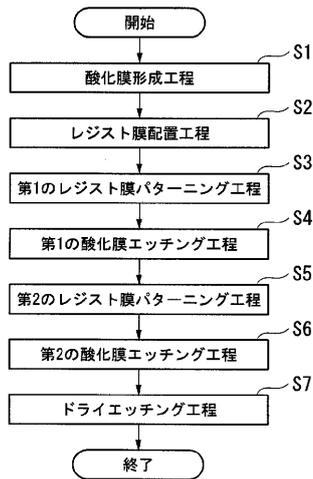
【図3】



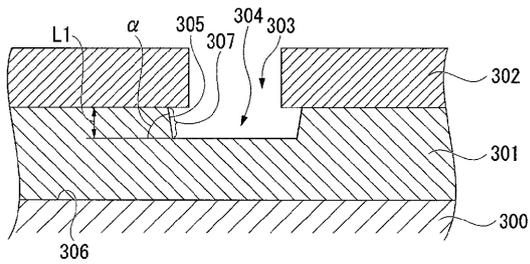
【図4】



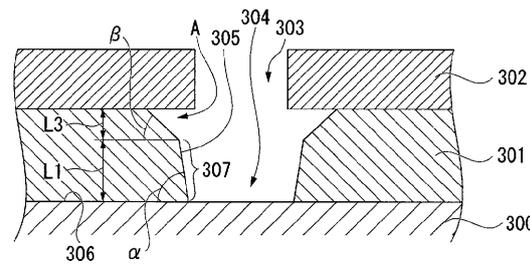
【図5】



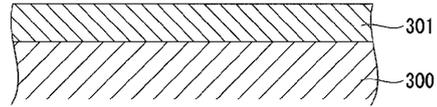
【図10】



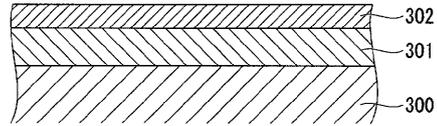
【図11】



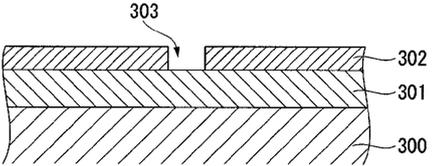
【図6】



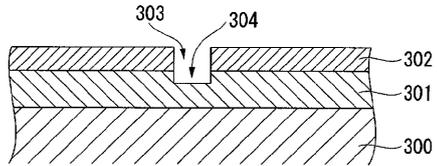
【図7】



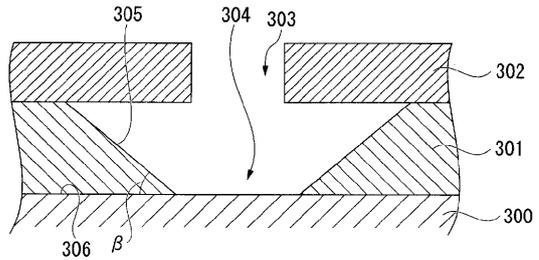
【図8】



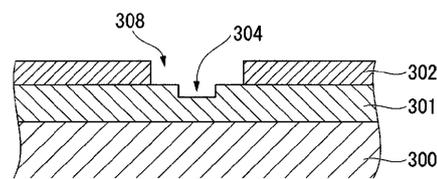
【図9】



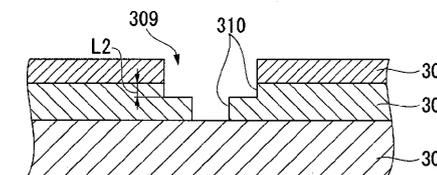
【図12】



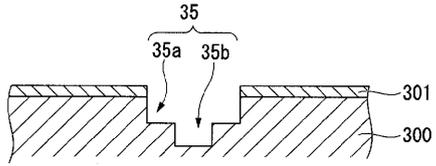
【図13】



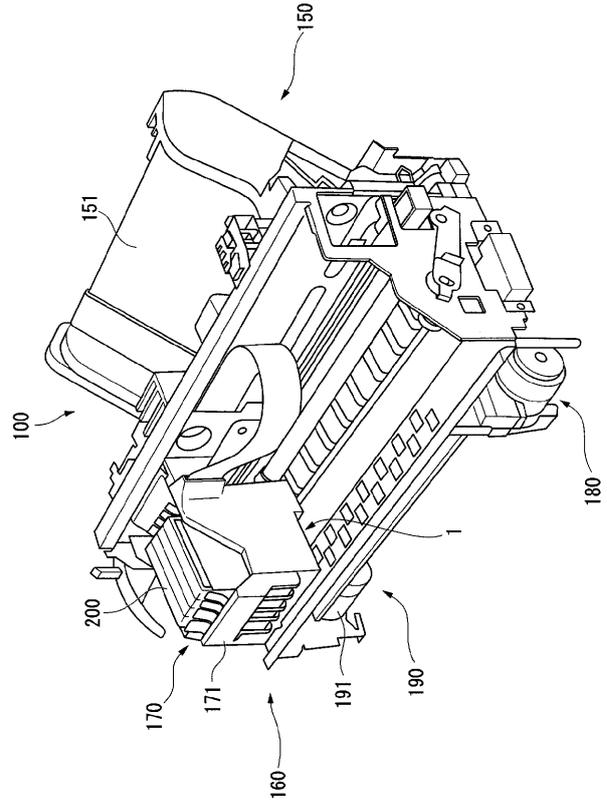
【図14】



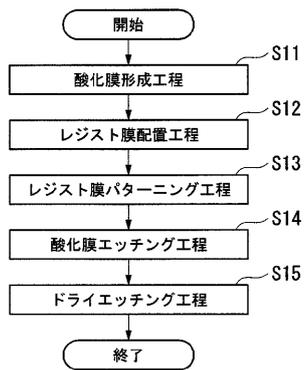
【図15】



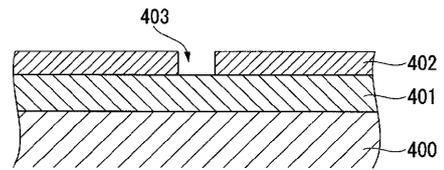
【図16】



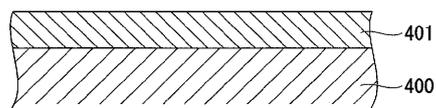
【図17】



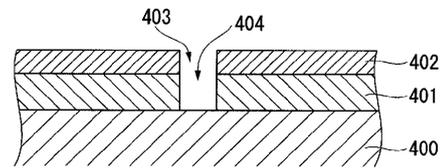
【図20】



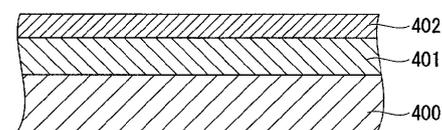
【図18】



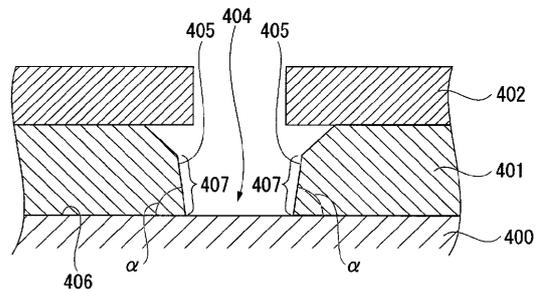
【図21】



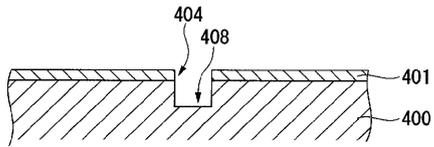
【図19】



【図22】



【 図 2 3 】



【 図 2 4 】

