

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3598397号  
(P3598397)

(45) 発行日 平成16年12月8日(2004.12.8)

(24) 登録日 平成16年9月24日(2004.9.24)

(51) Int.CI.<sup>7</sup>

F 1

**C 23 F 4/00**  
**B 41 J 2/135**C 23 F 4/00  
B 41 J 3/04 A  
1 O 3 N

請求項の数 6 (全 14 頁)

(21) 出願番号

特願平11-293131

(22) 出願日

平成11年10月15日(1999.10.15)

(65) 公開番号

特開2001-115282(P2001-115282A)

(43) 公開日

平成13年4月24日(2001.4.24)

審査請求日

平成15年10月31日(2003.10.31)

(73) 特許権者 000001443

カシオ計算機株式会社

東京都渋谷区本町1丁目6番2号

(74) 代理人 100074099

弁理士 大菅 義之

(72) 発明者 河野 一郎

東京都青梅市今井3丁目10番6号 カシオ計算機株式会社青梅事業所内

(72) 発明者 鎌田 英樹

東京都青梅市今井3丁目10番6号 カシオ計算機株式会社青梅事業所内

審査官 瀧口 博史

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】貫通孔加工方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

加工対象物の裏面を一定の圧力で流動させる冷却媒体ガスにより冷却しながら前記裏面から表側に貫通させる貫通孔の少なくとも表側の一部をドライエッティングにより加工する貫通孔加工方法であって、

前記冷却媒体ガスの時間当たり流量の変化から、前記ドライエッティングによる加工により前記貫通孔が貫通したジャストエッティング時点を検出することを特徴とする貫通孔加工方法。

## 【請求項2】

前記ドライエッティングは、ヘリコン波ドライエッティングであることを特徴とする請求項1記載の貫通孔加工方法。 10

## 【請求項3】

前記加工対象物は、インクに圧力を加えて該インクを吐出ノズルより記録媒体に噴射させて記録を行うインクジェットプリンタヘッドであり、前記貫通孔は、少なくとも前記吐出ノズルを含むことを特徴とする請求項1記載の貫通孔加工方法。

## 【請求項4】

前記吐出ノズルは複数個あり、該吐出ノズルの全ての加工が完了した時点をジャストエッティング時点とすることを特徴とする請求項3記載の貫通孔加工方法。

## 【請求項5】

前記ジャストエッティング時点は、冷却媒体ガスの時間当たり流量が急激に増加した後一定 20

のレベルで安定はじめる時点であることを特徴とする請求項4記載の貫通孔加工方法。

【請求項6】

前記ジャストエッティング時点から所定時間後に該エッティングに係わるドライエッティングを終了することを特徴とする請求項4又は5記載の貫通孔加工方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、貫通孔をドライエッティングで穿設する際の貫通孔の貫通時点を容易且つ正確に検出できる貫通孔加工方法に関する。

【0002】

10

【従来の技術】

従来より、例えばインクジェットヘッドのインクを吐出する吐出ノズルのような貫通孔を、ドライエッティングにより穿設する場合、吐出ノズルが貫通した時点つまりジャストエッティング時点の後も、吐出ノズル内のバリ取り等の仕上げを行うためにドライエッティングを所定時間継続するいわゆるオーバーエッティングの期間を設けている。

【0003】

ところが、このオーバーエッティングを行う時間が必要以上に長くなると、吐出ノズルを穿設しようとする加工対象物の他の部位を損傷するという不具合が発生する。

【0004】

特に、複数のヘッドチップを形成したシリコンウェハ上の多数の吐出ノズルを一括して穿設するインクジェットヘッドの製造方法における場合、全ての吐出ノズルを同時に穿設することが難しいため、もし全ての吐出ノズルが貫通したジャストエッティング時点の検出が遅れると、その分の過度なオーバーエッティングによって、先に貫通している吐出ノズルに対応する発熱抵抗体の削られかたが大きくなってしまう。そうなると各吐出ノズルに対応する各発熱抵抗体の抵抗率のバラツキが大きくなって、延いてはインクジェットヘッド自体の品質がバラツクという問題が発生する。

20

【0005】

したがって、オーバーエッティングは、上記のジャストエッティング時点から正確に所定時間だけ実施されなければならない。そして、このようにオーバーエッティングを所定時間だけ正確に実施するためには、ジャストエッティング時点そのものを正確に検知する必要があった。

30

【0006】

このジャストエッティング時点を検知する方法としては、従来より、発光分光分析法、反射光分析法、レーザー干渉法、ガス分析法、インピーダンス測定法、圧力測定法、エッティングレート測定法等、種々の方法が用いられている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記の発光分光分析法は、検出面積が狭いと検出不可能になる場合があることや測定器が例えば400万円～700万円というように極めて高価であるという問題を有している。また、反射光分析法やレーザー干渉法は、検出できる材料が限定されるだけでなく、加工対象物の表面の凹凸の影響を受け易いため精度が落ちるという欠点を有している。また、ガス分析法は、装置が複雑であるばかりでなく、検出可能な材料の種類が少なく、また、検出感度が低いという問題を有している。

40

【0008】

更に、インピーダンス測定法は、自動制御系により影響を受ける場合があるため、その調整に困難を伴うという問題を有している。また、圧力測定法は、自動圧力調整機構と共に存させることができないことや、検出感度が低いという問題を有している。また、エッティングレート測定法は、エッティングレートを計算して、時間管理でエッティングの終点を決定する方法であるが、装置の状態や工作物の出来具合で変化してしまうため不正確であるという問題を有していた。

50

**【0009】**

このように、ジャストエッチング時点を検出するには、種々の方法があるものの、それぞれ特有の短所があり、どのような工作物にも適用が可能な汎用性のあるものが、従来は無かったものである。

**【0010】**

本発明の課題は、上記従来の実情に鑑み、貫通孔をドライエッティングで穿設する際の貫通孔の貫通時点、つまりジャストエッティング時点を容易且つ正確に検出できる貫通孔加工方法を提供することである。

**【0011】****【課題を解決するための手段】**

10

本発明の貫通孔加工方法は、加工対象物の裏面を一定の圧力で流動させる冷却媒体ガスにより冷却しながら上記裏面から表側に貫通させる貫通孔の少なくとも表側の一部をドライエッティングにより加工する貫通孔加工方法であって、上記冷却媒体ガスの時間当たり流量の変化から上記ドライエッティングによる加工により上記貫通孔が貫通したジャストエッティング時点を検出するように構成される。

**【0012】**

上記ドライエッティングは、例えば請求項2記載のように、ヘリコン波ドライエッティングであることが好ましい。

そして、例えば請求項3記載のように、上記加工対象物は、インクに圧力を加えて該インクを吐出ノズルより記録媒体に噴射させて記録を行うインクジェットプリンタヘッドであり、上記貫通孔は、少なくとも上記吐出ノズルを含む構成であってもよい。

20

**【0013】**

その場合、例えば請求項4記載のように、上記吐出ノズルは複数個あり、該吐出ノズルの全ての加工が完了した時点をジャストエッティング時点とするように構成することが好ましい。

**【0014】**

また、上記ジャストエッティング時点は、例えば請求項5記載のように、冷却媒体ガスの時間当たり流量が急激に増加した後一定のレベルで安定しはじめる時点とするのが好ましい。また、例えば請求項6記載のように、上記ジャストエッティング時点から所定時間後に該エッティングに係わるドライエッティングを終了するようにオーバーエッティングを設定すれば、オーバーエッティング時間を必要最小限に短く設定できる。

30

**【0015】****【発明の実施の形態】**

以下、本発明の実施の形態を図面を参照しながら説明する。

図1(a), (b), (c)は、一実施の形態におけるインクジェットプリンタヘッドの製造方法を工程順に示す図であり、それぞれ一連の工程においてヘッドチップの基板上に形成されていく状態の概略の平面図と断面図を模式的に示している。尚、これらの図には、説明の便宜上、いずれもフルカラー用のインクジェットプリンタヘッドを構成するための1個の印字ヘッド(モノクロ用インクジェットヘッドの構成と同じ)のみを示しているが、実際には後述するように、このような印字ヘッドが複数個(通常は4個)連なった形状のものが、1個のヘッドチップに形成される。また、同図(c)には36個の吐出ノズルを示しているが、実際には、設計上の方針によって異なるが64個、128個、256個等、多数の吐出ノズルが形成されるものである。

40

**【0016】**

図2(a), (b), (c)は、上段に図1(a), (b), (c)の平面図をそれぞれ一部を拡大して詳細に示しており、この図2(a), (b), (c)の中段には上段のA-A断面矢視図(同図(a)参照)を示し、下段には上段のB-B断面矢視図(同図(a)参照)示している。また、同図(a), (b), (c)の中段に示す断面図は、それぞれ図1(a), (b), (c)の下に示す断面図同一のものである。尚、図2(a), (b), (c)には、図示する上での便宜上、64個、128個又

50

は 256 個のインク吐出ノズルを、5 個のインク吐出ノズルで代表させて示している。

#### 【0017】

最初に、基本的な製造方法について説明する。先ず、工程 1 として、4 インチ以上のシリコン基板に L S I 形成処理により駆動回路とその端子を形成すると共に、厚さ 1 ~ 2  $\mu\text{m}$  の酸化膜 (Si O<sub>2</sub>) を形成し、次に、工程 2 として、薄膜形成技術を用いて、タンタル (Ta) - シリコン (Si) - 酸素 (O) からなる発熱抵抗体層と、Ti - W 等の密着層を介在させて Au などによる電極膜を順次積層形成する。そして、電極膜と発熱抵抗体層をフォトリソグラフィー技術によって夫々パターニングし、ストライプ状の発熱抵抗体層上の発熱部とする領域の両側に配線電極を形成する。この工程で発熱部の位置が決められる。

10

#### 【0018】

図 1 (a) 及び図 2 (a) は、上記の工程 1 及び工程 2 が終了した直後の状態を示している。すなわち、ヘッドチップ 1 の一方の側端部近傍に駆動回路 2 が形成され、その上に形成された酸化膜からなる絶縁層の上に、発熱抵抗体 3 が形成されている。発熱抵抗体 3 の一方の端部に共通電極 4 が接続され、他方の端部と駆動回路 2 との間に個別配線電極 5 が接続されている。

#### 【0019】

上記の発熱抵抗体 3、共通電極 4、及び個別配線電極 5 は 1 組となって条形状にパターン化されて、各条が発熱素子を形成し、所定の間隔で平行に並設されている。また、共通電極 4 には共通電極給電端子 4 - 1 が上端部に形成されており(図 1 (a) 参照)、これに並んで駆動回路端子 2 - 1 が形成されている(図 1 (a) 参照)。

20

#### 【0020】

続いて、工程 3 として、個々の発熱抵抗体 3 に対応するインク加圧室及びこれらのインク加圧室にインクを供給するインク流路を形成すべく感光性ポリイミドなどの有機材料からなる隔壁部材をコーティングにより高さ 20  $\mu\text{m}$  程度に形成し、これをフォトリソ技術によりパターン化した後に、300 ~ 400 の熱を 30 分 ~ 60 分加えるキュア(乾燥硬化、焼成)を行い、高さ 10  $\mu\text{m}$  程度の上記感光性ポリイミドによる隔壁をヘッドチップ上に形成・固着させる。更に、工程 4 として、ウェットエッチングまたはサンドブラスト法などにより上記ヘッドチップの面に溝状のインク供給路を形成し、更にこのインク供給路に連通し基板下面に開口するインク給送孔を形成する。

30

#### 【0021】

この工程 4 では、発熱抵抗体、電極、隔壁などが形成されている表面側のインク供給路と、裏面側のインク給送孔では、形状が異なるため、表裏から別々に加工を行う。例えば表面側にインク供給路をヘッドチップの厚さ半分程度まで穿設し、裏面側からインク給送孔を穿設して表裏に貫通させる。

#### 【0022】

図 1 (b) 及び図 2 (b) は、上述の工程 3 及び工程 4 が終了した直後の状態を示している。すなわち、溝状のインク供給路 6 及びインク給送孔 7 が形成され、インク供給路 6 の左側に位置する共通電極 4 部分と、右方の個別配線電極 5 が配設されている部分、及び各発熱抵抗体 3 と発熱抵抗体 3 の間に、隔壁 8 (シール隔壁 8 - 1、8 - 2、区画隔壁 8 - 3) が形成されている。上記の隔壁 8 は、個別配線電極 5 上のシール隔壁 8 - 2 を櫛の胴とすれば、各発熱抵抗体 3 と発熱抵抗体 3 との間に伸び出す区画隔壁 8 - 3 は櫛の歯に相当する形状をなしている。これにより、この櫛の歯状の区画隔壁 8 - 3 を仕切り壁として、その歯と歯の間の付け根部分に発熱抵抗体 3 が位置する微細な区画部が、発熱抵抗体 3 の数だけ形成される。

40

#### 【0023】

この後、工程 5 として、ポリイミドからなる厚さ 10 ~ 30  $\mu\text{m}$  のフィルムのオリフィス板で、その両面又は片面に接着剤としての熱可塑性ポリイミドを極薄に例えれば厚さ 2 ~ 5  $\mu\text{m}$  にコーティングした状態のものを、上記積層構造の最上層つまり隔壁の上に載置し、真空中で 200 ~ 250 で加熱しながら、9.8 × 10<sup>-4</sup> Pa の数倍の圧力で加圧し、

50

これを数10分続けて、そのオリフィス板を固着させる。続いて真空装置又はスパッタ装置でNi、Cu又はAlなどの厚さ0.5~1μm程度の金属膜をオリフィス板表面に蒸着する。

#### 【0024】

更に、工程6として、オリフィス板表面の上記金属膜をパターン化して、ポリイミドを選択的にエッチングするマスクを形成し、続いて、ヘリコン波によるドライエッチングにより上記の金属膜マスクに従って吐出ノズルとして20μm~40μmの多数の孔をオリフィス板に一括形成する。

#### 【0025】

図1(c)及び図2(c)は、上述した工程5と工程6が終了した直後の状態を示している。すなわち、オリフィス板9が共通給電端子4-1及び駆動回路端子2-1の部分を除く全領域を覆っており、シール隔壁8-2及び区画隔壁8-3によって形成されている区画部も上を覆われて隔壁8の厚さ10μmに対応する高さの微細なインク加圧室11を形成して、その開口をインク供給路6方向に向いている。そして、これらインク加圧室11の開口とインク供給路6とを連通させる高さ10μmのインク流路12が形成されている。

#### 【0026】

そして、オリフィス板9には、インク加圧室11の発熱抵抗体3に対向する部分に吐出ノズル13がドライエッチングによって形成されている。これにより、64個、128個又は256個の吐出ノズル13を1列に備えた多数のモノカラーインクジェットヘッド14がシリコンウェハ上に完成する。

#### 【0027】

このようにオリフィス板9を張り付けて、その後で、下地のパターンつまり発熱抵抗体3の位置に合わせて吐出ノズル13を加工することは、予め吐出ノズル13を加工したオリフィス板9を張り合わせるよりも、遙かに生産性の高い実用性のある方法である。また、ドライエッチングによる場合は、マスクはNi、Cu、又はAlなどの金属膜を使うことで樹脂と金属膜との選択比が概略100程度得られる。したがって、20~40μmのポリイミドフィルムをエッチングするには1μm以下の金属膜でマスクを形成することで十分である。

#### 【0028】

ここまでが、シリコンウェハの状態で処理される。そして、最後に、工程7として、ダイシングソーなどを用いてシリコンウェハをスクライブラインに沿ってカッティングして、ヘッドチップ単位毎に個別に分割し、実装基板にダイスボンディングし端子接続して実用単位のモノカラーインクジェットヘッドが完成する。

#### 【0029】

上記のように1列の吐出ノズル13を備えたモノカラーインクジェットヘッド14はモノクロ用インクジェットヘッドの構成であるが、通常フルカラー印字においては、減法混色の三原色であるイエロー(Y)、マゼンタ(M)、シアン(C)の3色に、文字や画像の黒部分に専用されるブラック(Bk)を加えて合計4色のインクを必要とする。したがって最低でも4列のノズル列が必要である。そして上述した製造方法によればモノカラーインクジェットヘッド14をモノリックに4列構成とすることは可能であり、各モノカラーインクジェットヘッド14のノズル列の位置関係も今日の半導体の製造技術により正確に配置することが可能である。

#### 【0030】

図3(a)は、上述の図1及び図2に示したヘッドチップ1、駆動回路2、駆動回路端子2-1、発熱抵抗体3、共通電極4、共通電極給電端子4-1、個別配線電極5、インク供給路6、インク供給孔7、隔壁8、オリフィス板9、インク加圧室11、インク流路12、吐出ノズル13の各部を1組としてなるヘッド素子つまりモノカラーインクジェットヘッド14をやや大きく区画したヘッドチップ20上に4列並べてフルカラーインクジェットヘッド15を構成し、これにより1個のヘッドチップ20に4列のノズル列16(

10

20

30

40

50

16a、16b、16c、16d)を形成した状態を示す図である。また、図3(b)は、同図(a)のモノカラーインクジェットヘッド15が4列並んだ構成を分かり易く示すため、図1(a)に示した工程1～工程2まで終了した状態のものを示している。

#### 【0031】

この図3(a), (b)に示すように、フルカラーインクジェットヘッド15は、4個のモノカラーインクジェットヘッド14(14a、14b、14c、14d)が並んで配置され、例えばインク供給路6aからイエローインクがモノカラーインクジェットヘッド14aの個々のインク加圧室11に供給され、ノズル列16aから吐出される。また、インク供給路6bからマゼンタインクがモノカラーインクジェットヘッド14bの個々のインク加圧室11に供給され、ノズル列16bから吐出される。また、インク供給路6cからシアンインクがモノカラーインクジェットヘッド14cの個々のインク加圧室11に供給され、ノズル列16cから吐出される。そして、インク供給路6dからはブラックインクがモノカラーインクジェットヘッド14dの個々のノズル列16dに供給され、ノズル列16dから吐出される。10

#### 【0032】

ところで、本発明においては上述した基本的な製造方法における工程6において、オリフィス板9に吐出ノズル13を穿設するに際し、ジャストエッチング時点を検出するために特別の工夫が施されている。以下これについて説明する。

#### 【0033】

図4(a)は、ヘリコン波エッチング装置を模式的に示す図であり、同図(b)はそのウェハ固定用ステージの平面図である。同図(a)に示すように、ヘリコン波エッチング装置は、プロセスチャンバー(処理室)17を中心に、この処理室17内に突設されるウェハ固定用ステージ18を備えている。図3(a)に示したフルカラーインクジェットヘッド15が上述した工程5までを終了した状態で多数形成されているシリコンウェハ19は、図4(a)の矢印Cで示すように装置左方から搬入されて、上記のウェハ固定用ステージ18上に載置される。20

#### 【0034】

上記シリコンウェハ19は、メカチャック法(機構的に行う固定方法)又は静電チャック法(静電的に行う固定方法)で固定される。ウェハ固定用ステージ18は、支持台21上に、支持台21と一緒に構成され、この支持台21を介して、例えば13.56MHzのRF(radio-frequency:高周波)バイアスが接地側交流電源22から印加される。また、このウェハ固定用ステージ18には、低温サーメット23による不凍液が支持台21を介して循環している。これにより、ウェハ固定用ステージ18を循環不凍液で-10~-30程度に冷却する。30

#### 【0035】

さらに、本発明の特徴として、ウェハ固定用ステージ18とシリコンウェハ19との間に生じている微細な隙間に、熱伝導を促進するためのHeガスなどの冷媒ガスを、流量コントローラ24、APC(auto pressure controller)25及び支持台21とウェハ固定用ステージ18内に配設された冷媒送入路26を介し、ウェハ固定用ステージ18のウェハ支持面の中心と外周部近傍の合計7箇所に開口する冷媒吹き出し口27から送入する。40

#### 【0036】

これにより、低温サーメット23によるシリコンウェハ19の冷却を促進させ、ヘリコン波ドライエッチングの際のシリコンウェハ19の温度上昇を効果的に抑制する。また、これと共に、詳しくは後述するが、冷媒ガスの流量変化から、ジャストエッチング時点の検出を行っている。

#### 【0037】

上記の処理室17の周囲には、酸素(O<sub>2</sub>)プラズマ28を処理室17内に閉じ込めるためのマグネット(磁石)29が配設され、処理室17の上部中央にはソースチャンバー(源流室)31が配置される。源流室31の周囲には上下二段にアンテナ32が配設され50

、その外側には、プラズマを封じ込めるために、内外二重にインナーコイル（内コイル）33とアウターコイル（外コイル）34が配置されている。

#### 【0038】

この源流室31の上部には、パイプライン35が開口し、ここからプロセスガス（処理用酸素）が供給される。また、二段のアンテナ32にはソースパワーサプライ（源流電源）36から、例えば上記接地側交流電源22のサイクルに対応する13.56MHzの電圧が印加される。

#### 【0039】

この構成により、源流室31内においてパイプライン35から供給される処理用酸素がアンテナ32によってプラズマ化され、内コイル33及び外コイル34によって処理室17に送り込まれる。この酸素プラズマ28を、処理室17内で、支持台21及びウェハ固定用ステージ18を介してシリコンウェハ19に印加されているRFバイアス電圧で吸引・加速する。

#### 【0040】

処理室17の周囲壁面に配設されている磁石29が上記酸素プラズマ28の電子が壁面で消滅するのを防止する。これにより、酸素プラズマ28は、均一な分布となってシリコンウェハ19に降り注ぎ、オリフィス板（図2(c)のオリフィス板9参照）表面の金属膜マスクパターンで露出している部分に激突してエッチングする。処理後のプロセスガスは、図4(a)の矢印Dで示すように装置右方に排出される。

#### 【0041】

ヘリコン波エッティングは、RIE（反応性イオンエッティング）のように電極配置が平行平板型ではないが、それと同じように、酸素プラズマ28に対してヘッドチップの電位が、酸素イオンを引き込む方向にある。これにより、工作物（シリコンウェハ19）を酸素イオンスパッタするのと同時に、ラジカル原子を利用して化学エッティングもしている。

#### 【0042】

例えば、工作物がポリイミドの場合、その主成分は、炭素であるため、 $C_xH_y + O_2 + H_2O$ の化学反応によるエッティングを行っている。よって、上記のヘリコン波エッティングは、スパッタ（物理的エッティング）+ラジカル反応（化学的エッティング）を使って、孔空け加工のような異方性エッティングを高い選択比で行うことができる。

#### 【0043】

図5(a), (b), (c)は、上記のヘリコン波エッティングで孔空け加工されるシリコンウェハ19の状態を模式的に示す図である。同図(a), (b), (c)には、シリコンウェハ19に21個のヘッドチップ20を示しているが、実際には例えば150mm程度の大きさのシリコンウェハには90個以上のヘッドチップが形成されている。

#### 【0044】

同図(a)は、エッティング開始前の状態であり、ヘッドチップ20の表面（オリフィス板）には、まだ吐出ノズルが孔空けされていない状態を示している。同図(b)は、エッティングが進行中の状態であり、シリコンウェハ19の中央部に在る一団のヘッドチップ20に、ノズル列16の吐出ノズルが貫通している状態を示している。そして、同図(c)は、シリコンウェハ19上の全てのヘッドチップ20の吐出ノズルが丁度貫通したジャストエッティング時点の状態を示している。

#### 【0045】

同図(a), (b), (c)のエッティング状態図に示すように、図4(a)に示した酸素プラズマ28の分布は、均一とはいっても完全に均一なわけではなく、シリコンウェハ19の中央部の分布がやや密である。したがって、同図(b)に示すように、シリコンウェハ19の中央部の一団のヘッドチップ20の吐出ノズルが先に貫通し、その後に外周部のヘッドチップ20の吐出ノズルが貫通する。本発明においては、この全てのヘッドチップ20の吐出ノズルが丁度貫通したジャストエッティング時点を、正確に検出する。以下、これについて説明する。

#### 【0046】

10

20

30

40

50

図6(a)～(d)は、ヘリコン波エッティングによるヘッドチップ20の孔空け加工の各段階での状態を示す図である。このヘリコン波エッティング装置による孔空け加工は、実際にはシリコンウェハ19の状態での処理、つまり、多数のフルカラーインクジェットヘッド15のヘッドチップ20に対する一括処理であるが、説明の便宜上、以下、1個の吐出ノズルを穿設する状態を拡大して示す。

#### 【0047】

同図(a)には孔空け加工直前つまりヘリコン波エッティング装置に搬入直前のヘッドチップ20の側断面図を示し、同図(b)～(d)にはヘリコン波エッティング装置に搬入されたウェハ固定用ステージ18上のヘッドチップ20を示している。尚、同図(a)～(d)には、図1～図3に示した構成と同一の構成部分には図1～図3と同一の番号を付して示している。また、本例では、オリフィス板9として、ポリイミドのフィルム9aの両面に熱可塑性ポリイミド9bを塗布した形態のものを用いている。勿論、熱可塑性ポリイミド9bを下面にのみ塗布したもの用いても良い。

10

#### 【0048】

また、この図6(a)～(d)には、図1～図3では図示を省略した金属膜マスクパターン37も示しており、この金属膜マスクパターン37には発熱抵抗体3に対向する部分に吐出ノズル用の孔37-1が形成され、ここにオリフィス板9の表面が露出している。

#### 【0049】

このヘッドチップ20が、ヘリコン波エッティング装置に搬入されて、図6(b)に示すように、ウェハ固定用ステージ18上に固定され、ヘリコン波エッティングが開始されると、ヘッドチップ20の上方に形成された酸素プラズマ28が金属膜マスクパターン37に吹き付けられ、ヘッドチップ20の下面とウェハ固定用ステージ18との間隙に冷媒ガス38が送入される。

20

#### 【0050】

そして、図6(c)に示すように、エッティングが進行し吐出ノズル13の孔空けが進行する。この間、上記の冷媒ガス38は、ウェハ固定用ステージ18の冷媒吹き出し口27より供給され、ヘッドチップ20裏面との間隙を吹き抜けては外周より排出され、不図示のポンプに吸い込まれる。また、この間、冷媒ガス38の圧力が一定になるように、その流量が、流量コントローラ24及びAPC25によって制御される。

30

#### 【0051】

図6(c)に示す未だ吐出ノズル13が貫通していないハーフエッティング時は、冷媒ガス38はヘッドチップ20の外周部から流出する分だけ補給されて、その流量は一定である。

#### 【0052】

やがて、図6(d)に示すように、吐出ノズル13が貫通し、図5(b)に示したうようにシリコンウェハ19の中央部の一団のヘッドチップ20から図5(c)に示した全ヘッドチップ20の吐出ノズルが貫通するジャストエッティング時点まで、貫通した吐出ノズル13を吹き抜けて流出する冷媒ガス38の量が、貫通した吐出ノズル13の数に応じて増加し、その圧力を一定に保つべく、より多くの冷媒ガス38が供給される。

40

#### 【0053】

そして、ジャストエッティング時点からオーバーエッティング時は、冷媒ガス38の流出経路に変化はなく、したがって、流量は増加したままの一定量に安定する。尚、オーバーエッティング時に冷媒ガス38が吐出ノズル13を通じて流出するが、冷媒ガス38はHe等の不活性ガスであるのでエッティングの仕上げに悪影響を及ぼすことはない。

#### 【0054】

図7(a)は、上記冷媒ガス38の時間毎の流量を不図示の流量変化検出回路で実測した結果を示す図表であり、同図(b)はその値を点描したグラフである。同図(a)左欄に処理時間を秒(sec)単位で示し、右欄に冷媒ガス(Heガス)38の時間当たり流量を示している。時間当たり流量の単位は、標準つまりスタンダードの状態(25°、

50

1気圧)で毎分当り立方センチメートルの流量(sccm)で示している。また、同図(b)は、横軸に上記の処理時間を示し、縦軸に上記の流量を示している。

#### 【0055】

図7(a), (b)に示すように、時間が0secから500secまでは、図5(a)に示した状態で、いずれの吐出ノズル13も未貫通であり、流量は約9.4sccmで安定している。

#### 【0056】

そして、時間が500secから600secまでは、図5(b)に示した吐出ノズル13が一部貫通し始めた状態であり、流量は9.4~9.7sccmまで急激に変化し、時間が600sec以降は、図5(c)に示した全吐出ノズル13が貫通した状態であり、流量は約9.7sccmで安定している。10

#### 【0057】

本発明は、上記のヘリコン波エッティングにおいて、冷媒ガス38の增量変化した後の流量の安定した状態(図7(a), (b)に示す例では時間600sec以降)を検出する。この流量の安定した状態を検出している期間は実はオーバーエッティング期間である。本発明は、上記の流量安定状態の検出に基づき、その流量安定状態の始まりの時点(図7(a), (b)に示す例では時間600secの時点)を、ジャストエッティング時点とする。

#### 【0058】

そして、このジャストエッティング時点から所定の期間をオーバーエッティング期間として、このオーバーエッティングにより、吐出ノズル13内に発生したエッティング残渣を除去して、適正な吐出ノズル13を形成する。20

#### 【0059】

このオーバーエッティングにおいては、上記のように、シリコンウェハ19の中心部のヘッドチップ20は、外周部のヘッドチップ20よりも100sec程度早く貫通しているため、早く貫通した吐出ノズル13直下の発熱抵抗体3は、早く貫通した分だけ、過剰にオーバーエッティングされることになる。

#### 【0060】

このように、オーバーエッティングでは、シリコンウェハ19の中心部と外周部でエッティングレートが異なるため、シリコンウェハ19上のヘッドチップ20には、中心部と外周部とで発熱抵抗体3の抵抗率にバラツキが発生する。30

#### 【0061】

この発熱抵抗体3の抵抗率のバラツキの程度は、発熱抵抗体3の構成を4元系のTa-Si-O-Nとし、オリフィス板9のシート抵抗を120 / とし、酸素プラズマによるヘリコン波エッティングレートを15nm/minとしたとき、中心部のヘッドチップ20の発熱抵抗体3の膜厚は475nm、外周部のヘッドチップ20の発熱抵抗体3の膜厚は500nmであった。すなわち、中心部のヘッドチップ20の発熱抵抗体3の方が、外周部のヘッドチップ20の発熱抵抗体3よりも時間で100sec、厚さで25nmだけ過剰にオーバーエッティングされたことになる。

#### 【0062】

上記の膜厚475nmの発熱抵抗体3の抵抗率は5.7m · cm、膜厚500nmの発熱抵抗体3の抵抗率は6.0m · cmである。このバラツキの程度は、測定された上記抵抗率の最大値をMAX、最小値をMINとして、式「{(MAX-MIN)/(MAX+MIN)} × 100」により計算すると2.56%であり、品質上問題がないと判断される範囲である。40

#### 【0063】

尚、上記のインクジェットヘッドの製造工程では、ヘッドチップに、電極、発熱抵抗体、隔壁、インク供給路、インク供給孔等から成るヘッド部と駆動回路とを一体で構成する例を示したが、インクジェットヘッドの部分だけをシリコン基板またはガラス基板などの基板に形成しても良く、この場合も、上記と全く同様に処理してジャストエッティング時点を

容易に検出することができる。

**【0064】**

また、本発明の貫通孔加工法は、吐出ノズルに限定されるものではなく、例えばインク供給路又はインク供給孔等の穿設・貫通加工は勿論、インクジェットヘッド以外の工作物のドライエッティングによる孔空け等にも広く適用できる。

**【0065】**

更に、本発明は、上述した実施形態のように貫通孔の一部をドライエッティングにより穿設する場合に限らず、貫通孔をその全長に亘りドライエッティングにより穿設する場合にも、好適に適用できることは勿論である。

**【0066】**

10

**【発明の効果】**

以上詳細に説明したように、本発明によれば、ドライエッティングによる貫通孔加工において、工作物を冷却するための冷媒ガスの流量の変化を読み取ることにより、孔が貫通したジャストエッティング時点を容易且つ正確に把握できるので、これにより、過度なオーバーエッティングによる工作物の損傷を防止することができると共に、オーバーエッティングの時間を必要最小限に短縮することが可能となる。

**【0067】**

また、冷媒ガスの流量の変化を読み取ってジャストエッティング時点を検出するので、流量コントーローラ24とAPC25及び流量変化検出回路を付加するだけでも、装置が極めて簡便で安価である。

20

**【0068】**

また、不活性の冷媒ガスを用いることにより、エッティング系を乱すことなく、したがって、貫通孔加工の加工対象物としての材料には限定されることはなく、精度の良い且つ使い勝手のよい貫通孔加工方法を提供することが可能となる。

**【0069】**

また、冷媒ガスの流量変化を読み取ることによるジャストエッティング時点の検出であるので、貫通孔加工対象物の表面の凹凸等からの影響を受けることがなく、したがって、制約の少ない貫通孔加工方法を提供することが可能となる。

**【0070】**

また、冷媒ガス流量の変化を短時間毎に読み取って、流量の急変から安定化の状態になるジャストエッティング時点を検出することにより、検出の感度が極めて高く、ジャストエッティング時点検出の精度の良い貫通孔加工方法を提供することが可能となる。

30

**【図面の簡単な説明】**

**【図1】(a), (b), (c)** は一実施の形態におけるインクジェットプリンタヘッドの製造方法を工程順に示す図である。

**【図2】(a), (b), (c)** の上段は図1(a), (b), (c) の平面図の一部拡大図、中段は上段のA-A 断面矢視図、下段は上段のB-B 断面矢視図である。

**【図3】(a)** は一実施の形態におけるフルカラーインクジェットヘッドの平面図、(b) はその製造工程2まで終了した状態のものを示す図である。

**【図4】(a)** は一実施の形態におけるヘリコン波エッティング装置を模式的に示す図、(b) はそのウェハ固定用ステージの平面図である。

40

**【図5】(a), (b), (c)** はのヘリコン波エッティングで孔空け加工されるシリコンウェハの状態を模式的に示す図である。

**【図6】(a) ~ (d)** はヘリコン波エッティングによるヘッドチップの孔空け加工の状態を示す図である。

**【図7】(a)** は冷媒ガスの流量の実測結果を示す図表、(b) はその値を点描したグラフである。

**【符号の説明】**

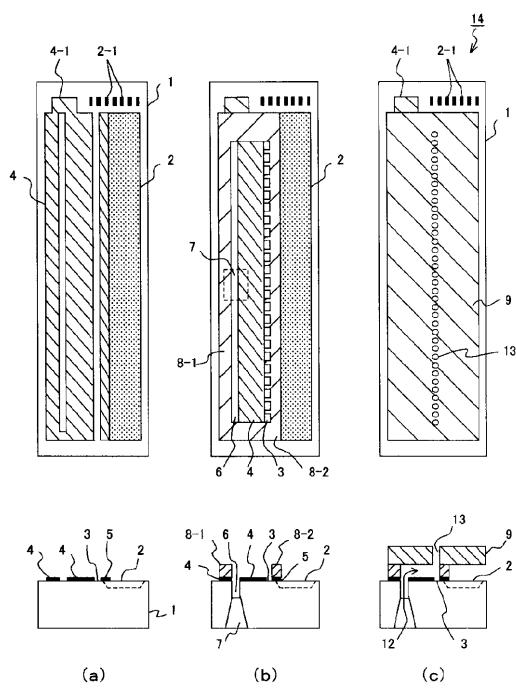
1 ヘッドチップ

2 駆動回路

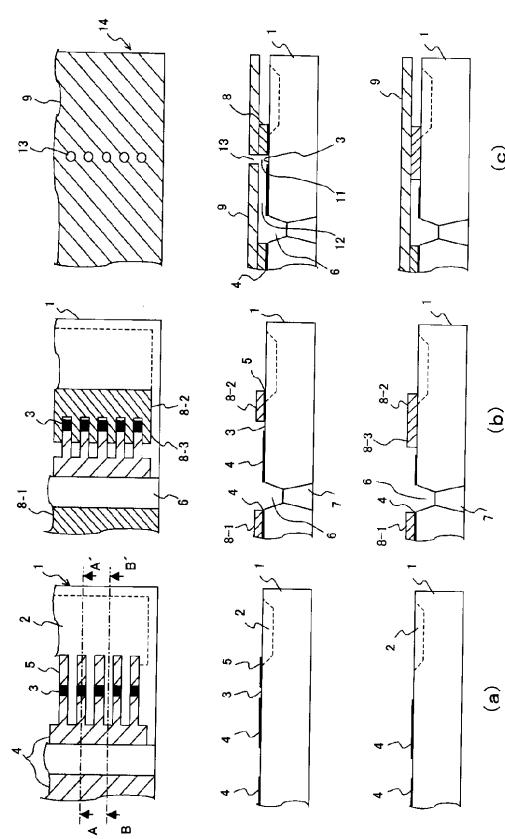
50

- 2 - 1 駆動回路端子  
 3 発熱抵抗体  
 4 共通電極  
 4 - 1 共通電極給電端子  
 5 個別配線電極  
 6 ( 6 a、 6 b、 6 c、 6 d ) インク供給路  
 7 インク給送孔  
 8 隔壁  
 8 - 1、 8 - 2 シール隔壁  
 8 - 3 区画隔壁 10  
 9 オリフィス板  
 11 インク加圧室  
 12 インク流路  
 13 吐出ノズル  
 14 ( 14 a、 14 b、 14 c、 14 d ) モノカラーインクジェットヘッド  
 15 フルカラーインクジェットヘッド  
 16 ( 16 a、 16 b、 16 c、 16 d ) ノズル列  
 17 プロセスチャンバー(処理室)  
 18 ウェハ固定用ステージ  
 19 シリコンウェハ 20  
 20 ヘッドチップ  
 21 支持台  
 22 接地側交流電源  
 23 低温サーキュレータ  
 24 流量コントローラ  
 25 A P C ( a u t o p r e s s u r e c o n t r o l e r )  
 26 冷媒送入路  
 27 冷媒吹き出し口  
 28 酸素( O<sub>2</sub> ) プラズマ  
 29 マグネット(磁石) 30  
 31 ソースチャンバー(源流室)  
 32 アンテナ  
 33 インナーコイル(内コイル)  
 34 アウターコイル(外コイル)  
 35 パイプライン  
 36 ソースパワーサプライ(源流電源)  
 37 金属膜マスクパターン  
 37 - 1 孔  
 38 冷媒ガス

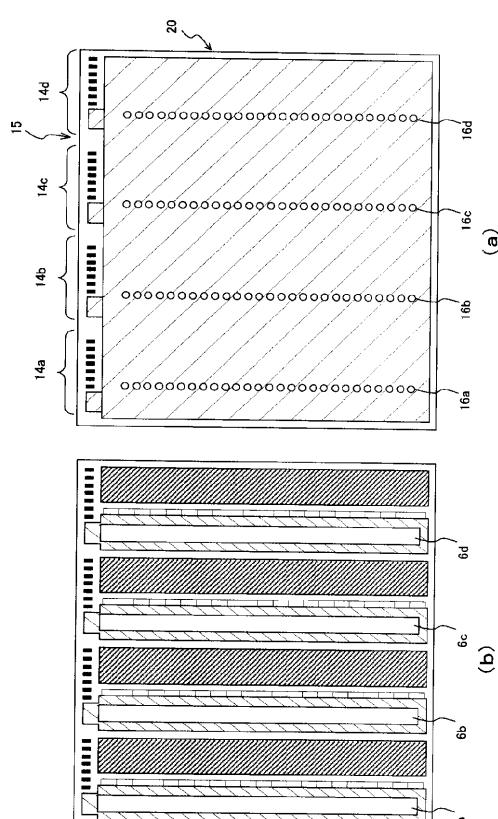
【図1】



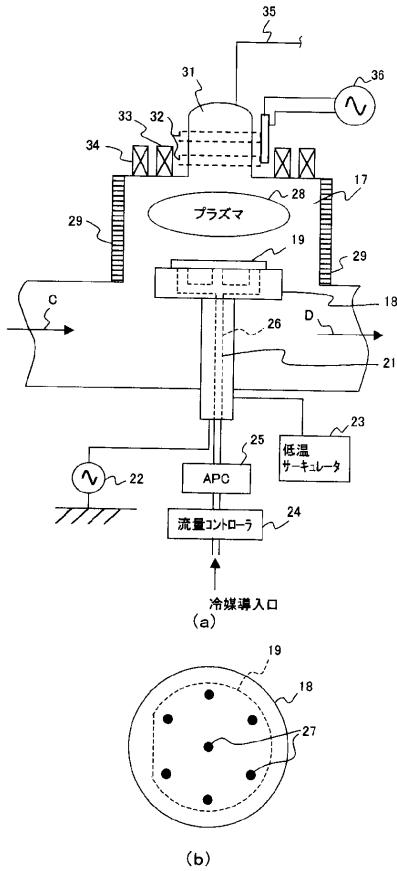
【図2】



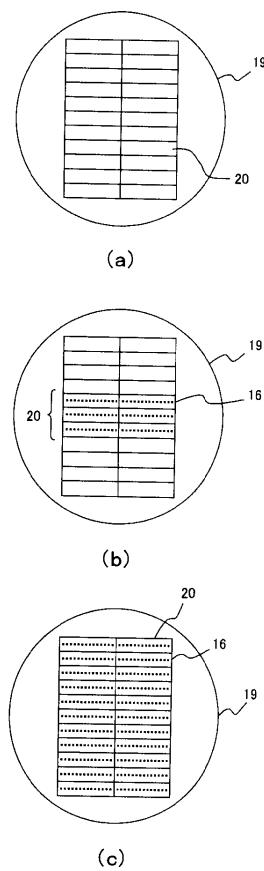
【図3】



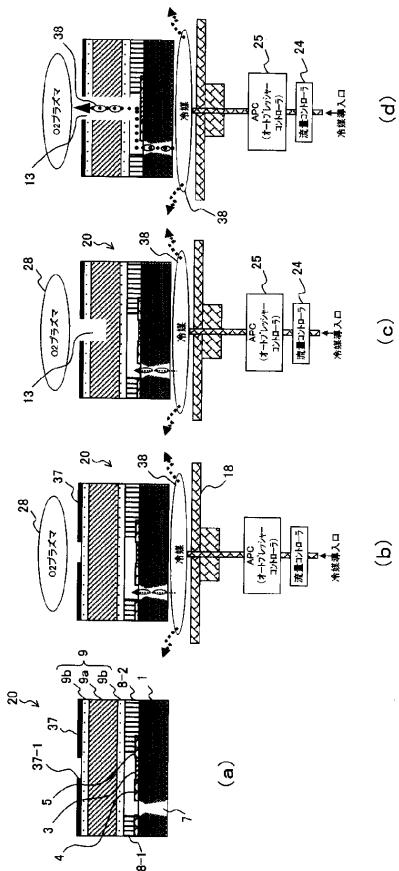
【図4】



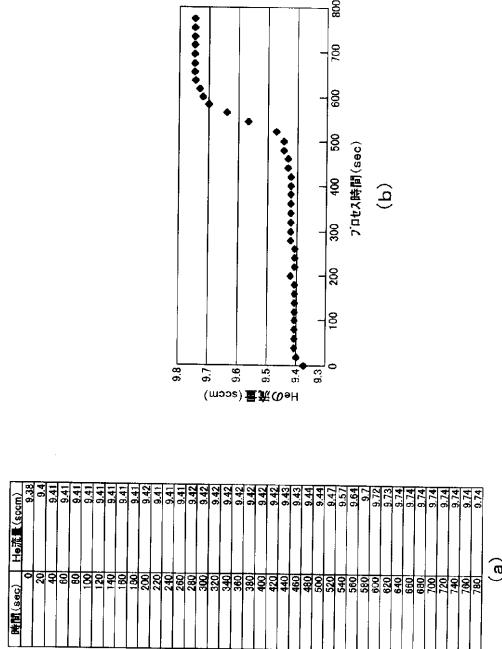
【図5】



【図6】



【図7】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭52-134197(JP,A)  
特開平04-306826(JP,A)  
特開平01-274427(JP,A)  
特開平09-232281(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)

C23F 4/00

B41J 2/135